UTILITAS BANGUNAN

BUKU PINTAR UNTUK MAHASISWA ARSITEKTUR - SIPIL

IR. HARTONO POERBO, M. ARCH.
DOSEN ITB 1960 - 1965
FTUI 1968 - 1983
FT. USAKTI 1974 - SEKARANG
ISTN 1988 - SEKARANG

PENERBIT DIAMBATAN

PELANGGARAN TERHADAP UNDANG-UNDANG HAK CIPTA

Pasal 44

(1) Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 100.000.000,- (seratus juta rupiah).

(2) Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah).

UTILITAS BANGUNAN

BUKU PINTAR UNTUK MAHASISWA ARSITEKTUR - SIPIL

IR. HARTONO POERBO, M. ARCH.
DOSEN ITB 1960 - 1965
FTUI 1968 - 1983
FT. USAKTI 1974 - SEKARANG
ISTN 1988 - SEKARANG

PENERBIT DJAMBATAN

Copyright © pada Djambatan
Anggota IKAPI
Jakarta 1992

ISBN 979 428 165 4

Percetakan Anem Kosong Anem

ISI

PRAKATA VII

PENDAHULUAN VIII

BAB I TRANSPORTASI VERTIKAL 1
1. Elevator (Lift) 1
2. Waktu Menunggu (Interval, Waiting Time) 2
3. Daya Angkut Lift (Handling Capacity) 2
4. Waktu Perjalanan Bolak-balik Lift (Round Trip Time) 3
5. Beban Puncak Lift (Peak Load) 4
6. Efisiensi Bangunan (Building Efficiency) 4
7. Perhitungan Jumlah Lift dalam 1 Zone 5
8. Korelasi Jumlah Lantai dalam 1 Zone Kapasitas Lift dan Jumlah Lift 6
9. Sistem Zone Banyak (Multi Zone System) 6
10. Sistem Zone Banyak dengan "Skylobby" 9
11. Daya Listrik untuk Lift 14
12. Beban Panas Ruang Mesin Lift 15
13. Lift Barang 15

BAB II PEKERJAAN PIPA DAN SANITASI/PLUMBING 16
Angka-angka Kunci untuk Perancangan Plumbing 16
1. Kebutuhan Air Bersih Bangunan 16
2. Pedoman Cepat untuk Perancangan 17
3. Kebutuhan Perlengkapan Saniter 17
4. Kebutuhan Air Perlengkapan Bangunan 17
5. Daya Buang Rata-rata/Average Discharge Perlengkapan Saniter 17
6. Data untuk Menentukan Diameter Pipa Penyalur (Atas Dasar Kehilangan Tekanan 0,2 m/m') 18
7. Pipa Pembuangan Air Hujan (Hujan 500 mm/m²/Jam) 18

8. Perhitungan Prasarana Utilitas 18
9. Tabel-A Daya Buang Rata-rata (Average Discharge) Perlengkapan Saniter 22
10. Tabel-B Pipa Pembuang Tegak (Stand Pipe/Stacks) 22
11. Tabel-C Beban Kebutuhan Air (Domestic Water Demand Load) 23
12. Tabel-D Kebutuhan Air Panas 24
13. Tabel-E Pipa Penyalur Air (Tambahan 0,2 m/m') 25
14. Tabel-F Koefisien Penggunaan Air 25
15. Tabel-G Septic Tank 26
16. Pengolahan Air Buangan 26
17. Drainase 32

BAB III TATA UDARA (AIR CONDITIONING) 34
1. Sistem Langsung (Direct Cooling) 35
2. Sistem Tidak Langsung (Indirect Cooling) 35
3. Perhitungan Beban Pendingin Ruang (Air Conditioning) 39

BAB IV PRARANCANGAN INSTALASI LISTRIK INTERN 41
1. Dasar-dasar Listrik 41
2. Perhitungan Kabel Instalasi Listrik 48

BAB V PENCAHAYAAN LISTRIK 54

BAB VI INSTALASI PENANGKAL PETIR 62

BAB VII PENCEGAHAN DAN PENANGGULANGAN BAHAYA KEBAKARAN 65

LAMPIRAN TABEL DAN GAMBAR 71

KEPUSTAKAAN 158

PRAKATA

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Ir. S. Siahaan yang menyiapkan naskah Instalasi Listrik, Ir. Sabarto yang memeriksa naskah Instalasi Listrik, Ir. Rochadi yang menyiapkan naskah Pengolahan air limbah, Sdr. Ratu Putra Kamal yang mengetik seluruh naskah buku ini, Sdr. Suntawi dan Sdr. Nyoman Purwayasa dan Zulfikar yang menyiapkan gambar-gambar teknis.

Kepada Penerbit yang telah bersedia menerbitkan buku ini dan Toko-toko buku yang bersedia mengedarkan ke seluruh Indonesia saya sampaikan ucapan terima kasih.

Kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan buku ini saya sampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya.

Jakarta, 18 Juli 1992.

Penulis

PENDAHULUAN

Bangunan-bangunan yang dirancang oleh para arsitek akhirnya harus dapat dipakai, dihuni dan dinikmati oleh masyarakat luas. Jadi harus dapat berfungsi dengan baik, tidak hanya indah dipandang sebagai suatu karya seni. Untuk itu bangunan harus dilengkapi dengan prasarana Utilitas/Building Utilities.

Lebih-lebih dengan perkembangan teknologi masa kini, kenyamanan manusia dan keselamatan manusia dalam menghuni bangunan bertingkat banyak dan bangunan-bangunan bentang panjang dapat lebih ditingkatkan.

Integrasi antara seni dan teknologi menjadi syarat mutlak dalam perancangan bangunan-bangunan masa kini.

Para Arsitek harus bekerja sama dengan Ahli-ahli lain, para Spesialis dalam bidang Mekanikal dan Elektrikal, Fisika Bangunan, Insinyur Sanitasi, di samping Insinyur Struktur.

Tetapi berhubung Arsitek harus menjadi Koordinator Team Perancang Bangunan, maka pemilikan pengetahuan umum akan perlengkapan Utilitas Bangunan menjadi suatu keharusan.

Buku ini kami tulis terutama untuk para Arsitek dan para Mahasiswa Teknik Arsitektur serta para Tenaga Pengajar untuk mata kuliah UTILITAS.

Jakarta, 18 Juli 1992.

Penulis

BAB I
TRANSPORTASI VERTIKAL

Mekanisasi bangunan, terutama bangunan tinggi menjadi hal yang menonjol dengan timbulnya kebutuhan akan gedung-gedung tinggi di seluruh dunia.

Bangunan-bangunan tinggi dalam Arsitektur tidaklah menjadi hasil karya para Arsitek dan Insinyur struktur saja, tetapi menjadi paduan karya berbagai keahlian antara lain juga Insinyur Mesin, Elektro dan Fisika Teknik, paduan antara karya *Seni* dan *Teknologi*.

Dalam perencanaan bangunan-bangunan tinggi terjadi pemikiran timbal balik antara pertimbangan-pertimbangan fungsi, struktur, estetika, dan persyaratan-persyaratan mekanikal maupun elektrikal.

1. ELEVATOR (LIFT)

Salah satu masalah yang menjadi pemikiran pertama pada perencanaan bangunan bertingkat banyak ialah masalah *transportasi vertikal* umumnya dan transportasi manusia khususnya.

Alat untuk transportasi vertikal dalam bangunan bertingkat adalah *lift* atau *elevator*. Alat transportasi vertikal dalam bangunan bertingkat tersebut akan memakan volume gedung yang akan menentukan *efisiensi* gedung.

Pemilihan kapasitas-kapasitas lift akan menentukan jumlah lift yang mempengaruhi pula kualitas pelayanan gedung, terutama proyek-proyek komersil.

Instalasi lift yang ideal ialah yang menghasilkan *waktu menunggu* di setiap lantai yang minimal, percepatan yang komfortabel, angkutan vertikal yang cepat, pemuatan dan penurunan yang cepat di setiap lantai.

Kriteria kualitas pelayanan elevator adalah:
1. Waktu menunggu (Interval, waiting time).
2. Daya angkut (Handling capacity).
3. Waktu perjalanan bulak-balik lift (Round trip time).

2. WAKTU MENUNGGU (INTERVAL, WAITING TIME)

Kesabaran orang untuk menunggu lift tergantung kota dan negara di mana gedung itu ada. Orang-orang di kota besar lazimnya kurang sabar dibanding dengan orang-orang di kota kecil.

Untuk proyek-proyek komersil perkantoran diperhitungkan waktu menunggu sekitar 30 detik.

Waktu menunggu = waktu perjalanan bolak-balik dibagi jumlah lift.

Penting:
Jika jumlah lift total dihitung atas dasar daya angkut pada beban puncak saat-saat sibuk, maka untuk proyek-proyek perkantoran yang beberapa lantainya disewa oleh satu penyewa, jumlah lift totalnya harus ditambah dengan 20-40%, sebab sebagian lift di dalam zone yang disewa satu penyewa tersebut dipakai untuk *lalu lintas antar lantai,* sehingga waktu menunggu di lantai dasar dapat memanjang menjadi 90 detik atau lebih.

Waktu menunggu juga sangat variabel tergantung *jenis* gedung. Contoh-contohnya sebagai berikut:

a.	perkantoran	25 - 45 detik
b.	flat	50 - 120 detik
c.	hotel	40 - 70 detik
d.	asrama	60 - 80 detik

Waktu menunggu minimum adalah sama dengan waktu pengosongan lift ialah kapasitas lift x 1,5 detik per penumpang.

3. DAYA ANGKUT LIFT (HANDLING CAPACITY)

Daya angkut lift tergantung dari kapasitas dan frekuensi pemuatannya.

Standard daya angkut lift diukur untuk jangka waktu *5 menit* jam-jam sibuk (rush-hour).

Daya angkut 1 lift dalam 5 menit adalah:

$$\left[M = \frac{5 \times 60 \times m}{w}\right] = \frac{5 \times 60 \times m \times N}{T}$$

di mana:

m = kapasitas lift (orang) dan daya angkut 75 kg/orang.

w = waktu menunggu (waiting time/interval) dalam detik = T/N.

Jika 1 zone dilayani 1 lift, maka waktu menunggu = waktu perjalanan bolak-balik lift, jadi:

$$M = \frac{5 \times 60 \times m}{T}$$

4. WAKTU PERJALANAN BOLAK-BALIK LIFT (ROUND TRIP TIME)

Waktu ini hanya dapat dihitung secara pendekatan, sebab perjalanan lift antar lantai pasti tidak akan mencapai kecepatan yang menjadi kemampuan lift itu sendiri dan pada perjalanan lift non stop, kecepatan kemampuannya baru tercapai setelah lift bergerak beberapa lantai dulu. misalnya lift dengan kemampuan bergerak 6 m/detik baru dapat mencapai kecepatan tersebut setelah bergerak 10 lantai.

Dalam prakiek, perhitungan elevator dilakukan oleh Supplier lift yang menghitung kebutuhan lift berdasarkan data-data dari pabrik pembuatnya.

Secara pendekatan, waktu perjalanan bolak-balik lift terdiri dari:

a.	Penumpang memasuki lift di lantai dasar yang memerlukan waktu 1,5 detik/orang dan untuk lift dengan kapasitas m orang perlu waktu	1,5 m	detik
b.	Pintu lift menutup kembali	2	detik
c.	Pintu lift membuka di setiap lantai tingkat	(n-1)2	detik
d.	Penumpang meninggalkan lift di setiap lantai dalam 1 zone sebanyak (n-1) lantai: (n-1) x m/n-1 x 1.5 detik	1,5 m	detik
e.	Pintu lift menutup kembali di setiap lantai tingkat:	(n-2)2	detik
f.	Perjalanan bolak-balik dalam 1 zone.....	$\frac{2(n-1)h}{s}$	detik
g.	Pintu membuka di lantai dasar	2	detik
	JUMLAH:	$T = \frac{(2h + 4s)(n - 1) + s(3n + 4)}{s}$	detik

Di mana:

T = waktu perjalanan bolak-balik lift (Round trip time).

h = tinggi lantai sampai dengan lantai.

s = kecepatan rata-rata lift.

n = jumlah lantai dalam 1 zone.

m = kapasitas lift.

5. BESARNYA PUNCAK LIFT (PEAK LOAD)

Beban puncak diperhitungkan berdasarkan persentasi empiris terhadap jumlah penghuni gedung, yang diperhitungkan harus terangkat oleh lift-lift dalam 5 menit pertama jam-jam padat (rush-hour).

Untuk Indonesia persentasi tersebut adalah:

a. perkantoran ..... 4% x jumlah penghuni gedung
b. flat ..... 3% x jumlah penghuni gedung
c. hotel ..... 5% x jumlah penghuni gedung

Data-data untuk penaksiran jumlah penghuni gedung:

a. perkantoran ..... 4 m²/orang
b. flat ..... 3 m²/orang
c. hotel ..... 5 m²/orang

6. EFISIENSI BANGUNAN (BUILDING EFFICIENCY)

Efisiensi lantai adalah persentasi luas lantai yang dapat dihuni atau disewakan terhadap luas lantai kotor.

Untuk proyek *perkanteran* adalah:

10 lantai: 85%
20 lantai: lantai 1 - 10 ..... 80%
lantai 11 - 20 ..... 85%
30 lantai: lantai 1 - 10 ..... 75%
lantai 11 - 20 ..... 75%
lantai 21 - 30 ..... 85%
40 lantai: lantai 1 - 10 ..... 75%
lantai 11 - 20 ..... 80%
lantai 21 - 30 ..... 85%
lantai 31 - 40 ..... 90%

Data-data ini hanyalah untuk keperluan perhitungan lift saja.

Efisiensi bangunan sangat tergantung luas lantai yang dipakai oleh inti gedung di mana tabung lift ada di dalamnya. Besarnya rongga yang dipakai oleh tabung lift tergantung tinggi gedung.

Secara empiris luas inti gedung adalah sekitar 5-10 x luas tabung lift. Proyek perkantoran memerlukan luas inti yang lebih besar daripada proyek flat.

7. PERHITUNGAN JUMLAH LIFT DALAM 1 ZONE

Jika beban puncak lift dalam suatu gedung diperhitungkan sebesar P% x jumlah penghuni gedung atas dasar a" m² per orang luas lantai netto, maka beban puncak lift:

$$L = \frac{P\,(a - k)n}{a''}$$

P = Persentasi empiris beban puncak lift (%)
a = luas lantai kotor per tingkat (m²)
n = jumlah lantai
k = luas inti gedung (m²)
a" = luas lantai netto per orang (m²)

Sedangkan: $k = 5 \times N \times m \times 0{,}3 = 1{,}5\ m\ N$

Maka: $$L = \frac{P\,(a - 1{,}5\ mN)\ n}{a''}$$

$$\left[\ L = \frac{P\,(2a - 3\ mN)\ n}{2\ a''}\ \right]$$

Daya angkut 1 lift dalam 5 menit:

$$M = \frac{5 \times 60 \times m}{w} = \frac{300\ m}{T}$$

Daya angkut N lift dalam 5 menit:

$$\left[\ M_N = \frac{300\ m\ N}{T}\ \right]$$

Persamaan: $L = M_N$

$$\frac{P\,(2a - 3\ mN)n}{2a''} = \frac{300\ m\ N}{T}$$

$$\left[\ N = \frac{2\ anT\ P}{3m\ (200a'' + nTP)}\ \right]$$

Di mana: N = jumlah lift dalam 1 zone.
a = luas lantai kotor per tingkat.
P = persentasi jumlah penghuni gedung yang diperhitungkan sebagai beban puncak lift.
T = waktu perjalanan bolak-balik lift.
m = kapasitas lift.
a" = luas lantai netto per orang.
n = jumlah lantai dalam 1 zone.

8. KORELASI JUMLAH LANTAI DALAM 1 ZONE KAPASITAS LIFT DAN JUMLAH LIFT

Daya angkut lift dalam 5 menit:

$$\left[M = \frac{5 \times 60 \times m}{w} = \frac{300\ m}{w} \right]$$

Beban puncak lift:

$$L = P\ \% \times \frac{\text{Luas lantai netto dalam 1 zone}}{\text{Luas lantai netto per orang}}$$

$$\left[L = P \frac{na'}{a''} \right]$$

Dimana: n a' adalah luas lantai netto dalam 1 zone.

Persamaan: $M = L$

$$\frac{300\ m}{w} = \frac{a'nP}{a''}$$

Maka: $\left[n = \frac{300\ a''m}{a'\ w\ P} \right]$ & $\left[\frac{a'nwP}{300\ a''} \right]$

$$\left[n = \frac{300\ a''\ m\ N}{a'\ P\ T} \right]$$

$$\left[N = \frac{a'\ n\ P\ T}{300\ a''\ m} \right]$$

9. SISTEM ZONE BANYAK (MULTI ZONE SYSTEM)

Untuk meningkatkan efisiensi bangunan, orang berusaha memperkecil volume gedung yang dipergunakan untuk sirkulasi vertikal, terutama dalam bangunan tinggi (lebih dari 20 lantai).

Juga untuk memperpendek waktu perjalanan bolak-balik lift yang memperpendek waktu menunggu lift terutama di lantai dasar. Untuk tujuan ini orang melakukan *zoning* lift artinya pembagian kerja kelompok-kelompok lift, misalnya 4 lift melayani lantai 1 - 15, 4 lift melayani lantai 16-30, jadi tidak berhenti di lantai 1-15.

Karena ada kelompok 4 lift yang tidak berhenti di lantai 1-15 maka dalam tabung-tabungnya tidak diadakan lubang pintu ke luar; ini merupakan penghematan biaya sirkulasi vertikal.

Dalam hal ada zoning lift maka perhitungan jumlah lift diadakan

untuk tiap zone, yang mempunyai waktu perjalanan bolak-balik lift masing-masing.

Contoh Perhitungan

Suatu gedung 30 lantai dengan luas rata-rata a = 1200 m², tinggi lantai sampai dengan lantai h = 3.60 meter dibagi dalam 2 zone: zone bawah 15 lantai, dan zone atas 15 lantai.

Gedung tersebut direncanakan untuk dilayani oleh lift-lift berkecepatan rata-rata 4m/detik dan kapasitas m = 20 orang/lift.

Perhitungan Zone - 2

Waktu perjalanan bolak-balik lift (antara lantai 1 - 15 non-stop) dengan kecepatan rata-rata S_2 = 5 m/detik.

$$T_2 = \frac{2\ (n_1\text{-}1)h}{s_2} + \frac{(2h + 4s_2)\ (n_2\text{-}1) + s_2\ (3m + 4)}{s_2}$$

$$\left[T_2 = \frac{2h\ (n_1\text{-}1) + (2h + 4\ s_2)\ (n_2\text{-}1) + s_2\ (3m + 4)}{s_2} \right]$$

Untuk: h = 3.60 m
n_1 = 15
n_2 = 15
s_1 = 3 m/detik
s_2 = 5 m/detik
m = 20 orang/lift

Maka: T_2 = 160.32 detik

Beban puncak lift untuk zone – 2:

$$L_2 = \frac{n_2 \times (2a - 3\ m\ N_2)}{2\ a''}$$

Daya angkut lift dalam 5 menit untuk zone - 2:

$$M_2 = \frac{300\ m\ N_2}{T_2}$$

Persamaan: $L_2 = M_2$

$$\frac{n_2\ P\ (2a - 3\ m\ N_2)}{2a''} = \frac{300\ m\ N_2}{T_2}$$

menambah ketahanan gedung terhadap gaya-gaya horizontal akibat gempa ataupun angin.

PERHITUNGAN JUMLAH LIFT

Suatu gedung dengan luas lantai rata-rata 2190 m^2 dan jumlah lantai 61 dibagi dalam 5 zone dengan 5 skylobby.

Setiap zone mengandung 11 lantai termasuk skylobby.

1. Perhitungan lift lokal

Luas lantai rata-rata $a = 2190\ m^2$
Jumlah lantai $n = 10$ (tidak termasuk skylobby)
waktu menunggu $w = 30$ detik
Luas lantai netto $a' = 1814\ m^2$
Luas lantai netto per orang $a'' = 4\ m^2$/orang
Persentasi penghuni untuk beban puncak lift $P = 4\%$
Tinggi lantai s/d lantai $h = 3.60$ m

Kapasitas lift $m = \dfrac{a'n\ w\ P}{300\ a''} = 18$ orang/lift

Kecepatan rata-rata lift $s = 2$ m/detik.

Waktu perjalanan bolak-balik lift:

$$T = \frac{(2h + 4s)\ (n - 1) + s\ (3m + 4)}{s}$$

$T = 126.4$ detik

Jumlah lift lokal:

$$N = \frac{a'n\ P\ T}{300\ a''\ m} = 5 \text{ lift @ } 18 \text{ orang}$$

$$w = \frac{126.4}{5} = 25.28 \text{ detik} < w\ min = 1.5\ m = 27 \text{ detik.}$$

Dicoba dengan lift lokal kapasitas 20 orang/lift.

$T = 132.4$ detik
Maka $N = 4$ lift @ 20 orang
$w = 33$ detik $> w\ min = 30$ detik

Jadi setiap zone dilayani lift lokal sebanyak 4 buah dengan kapasitas 20 orang/lift dan kecepatan rata-rata 2m/detik.

2. Perhitungan lift express

a. Untuk mencapai skylobby di atas zone-1

$n = 14$
$s = 2$ m/detik
$h = 3.60$ m
w minimum = 24 detik
w maximum = 45 detik
kapasitas lift = 20 orang/lift

Waktu perjalanan bolak-balik lift:

- pintu lift membuka di lantai dasar ..... = 2 detik
- penumpang masuk lift @ 1.5 detik/orang = 20 x 1.5 ..... = 30 detik
- pintu lift menutup kembali di lantai dasar ..... = 2 detik
- pintu lift membuka dan menutup di skylobby ... = 4 detik
- penumpang keluar lift di skylobby @ 1.5 detik/orang ..... = 30 detik
- perjalanan bolak-balik lift $\dfrac{2\ (14-1)\ 3.60}{2}$ ..... = 46.8 detik

$T = 114.8$ detik

Beban puncak lift express di atas zone - 1 =

beban puncak lift lokal $= \dfrac{0.04 \times 10 \times 1814}{4}$

Jumlah lift: $N = \dfrac{a'\ n\ P\ T}{300\ a''\ m}$

$$= \frac{1814 \times 10 \times 0.04 \times 114.8}{300 \times 4 \times 20} = 4$$

Waktu menunggu $w = \dfrac{114.8}{4} = 28.7$ detik

Jadi skylobby di atas zone-1 dilayani 4 lift @ 20 orang.

b. Untuk mencapai skylobby di atas zone-2

$n = 26$

s = 3.5 m/detik
h = 3.60 m
m = 20 orang/lift
w min = 24.3 detik
w max = 45 detik

Waktu perjalanan bolak-balik lift T:
- pintu lift membuka dan menutup di lantai dasar = 4 detik
- pintu lift membuka dan menutup di skylobby .. = 4 detik
- penumpang masuk di lantai dasar
  = 20 x 1.5 detik ..... = 30 detik
- penumpang keluar di skylobby = 20 x 1.5 detik =.30 detik
- perjalanan bolak-balik lift $= \frac{2\ (26 - 1)\ 3.60}{3.5}$ ... =51.43 detik

T = 119.43 detik

$$N = \frac{1814 \times 10 \times 0.04 \times 119.43}{300 \times 4 \times 20} = 4 \text{ lift @ 20 orang}$$

Waktu menunggu $w = \frac{119.43}{4} = 29.86$ detik

c. Untuk mencapai skylobby di atas zone-3
n = 38
s = 5 m/detik
h = 2.60 m
m = 20 orang/lift
w min = 24 detik
w max = 45 detik

Waktu perjalanan bolak-balik lift:
- pintu lift membuka dan menutup di lantai dasar = 4 detik
- pintu lift membuka dan menutup di skylobby.... = 4 detik
- penumpang masuk di lantai dasar
  = 20 x 1.5 detik ..... = 30 detik
- penumpang keluar di skylobby = 20 x 1.5 detik = 30 detik
- perjalanan bolak-balik lift $= \frac{2\ (38 - 1)\ 3.60}{5}$ ..... = 53.28 detik

T = 121.28 detik

$$N = \frac{1814 \times 10 \times 0.04 \times 121.28}{300 \times 4 \times 20} = 4 \text{ lift @ 20 orang}$$

Waktu menunggu $w = \frac{121.28}{4} = 30.32$ detik

d. Untuk mencapai skylobby di atas zone-4
n = 50
s = 7 m/detik
h = 3.60 m
w min = 24 detik
w max = 45 detik
m = 20 orang/lift

Waktu perjalanan bolak-balik lift:
- pintu lift membuka dan menutup di lantai dasar = 4 detik
- pintu lift membuka dan menutup di skylobby ... = 4 detik
- penumpang masuk di lantai dasar
  = 20 x 1.5 detik ..... = 30 detik
- penumpang keluar lift di skylobby
  = 20 x 1.5 detik ..... = 30 detik
- perjalanan bolak-balik lift $= \frac{2\ (50 - 1)\ 3.60}{7}$ ..... = 50.4 detik

T = 118.4 detik

$$N = \frac{1814 \times 10 \times 0.04 \times 118.4}{300 \times 4 \times 20} = 4 \text{ lift @ 20 orang}$$

$w = \frac{118.4}{4} = 29.60$ detik

e. Untuk mencapai skylobby di atas zone-5
n = 62
s = 8.5 m/detik
h = 3.60 m
m = 20 orang/lift
w min = 24 detik
w max = 45 detik

- pintu lift membuka dan menutup di lantai dasar = 4 detik
- pintu lift membuka dan menutup di skylobby... = 4 detik
- penumpang masuk lift di lantai dasar
  = 20 x 1.5 detik ..... = 30 detik
- penumpang keluar lift di skylobby
  = 20 x 1.5 detik ..... = 30 detik
- perjalanan bolak-balik lift $= \frac{2\ (62 - 1)\ 3.60}{8.5}$ ..... = 51.67 detik

T = 119.67 detik

$$N = \frac{1814 \times 10 \times 0.04 \times 119.67}{300 \times 4 \times 20} = 4 \text{ lift @ } 20 \text{ orang}$$

$$w = \frac{119.67}{4} = 29.92 \text{ detik}$$

11. DAYA LISTRIK UNTUK LIFT

Daya listrik yang diperlukan untuk satu kelompok lift sangat tergantung kapasitas, kecepatan dan jumlah lift.

Suatu lift dengan kapasitas m dan kecepatan s m/detik memerlukan daya:

$$\left[E = \frac{0.75 \times m \times 75 \times s}{75} \text{ HP}\right] = 0{,}75 \text{ ms kw.}$$

Sedangkan faktor kebutuhan daya untuk suatu kelompok lift adalah:

Jumlah lift	2	3	4	5	6	7	10	15	20	25
Faktor Daya	0.85	0.77	0.72	0.67	0.63	0.59	0.52	0.44	0.40	0.35

Contoh:

Lift dengan kapasitas 3500 lb = 1587.6 kg dan kecepatan 3 m/detik memerlukan daya listrik

$$\frac{0.75 \times 1587.6 \times 3}{75} \text{ HP} = 48 \text{ HP}$$

Untuk 5 lift = 0.67 x 5 x 48 HP = 160 HP

Catatan:

1 orang diperhitungkan 75 kg.

Penggunaan Daya listrik oleh lift (10 jam/hari):

$$\text{kwh} = 0.20 \times 160 \text{ HP} \times \frac{0.746 \text{ kw}}{\text{HP}} \times 10 \text{ jam} = 240 \text{ kwh}$$

12. BEBAN PANAS RUANG MESIN LIFT

Beban panas ruang mesin lift maximum diperhitungkan 1/3 x jumlah HP di mana 1 HP = 2500 Btu (1 Btu = 0.25 calori).

Temperatur ruang mesin lift harus dipertahankan antara 60-90°F.

Suatu lift dengan kapasitas 2000 lb dan kecepatan 2,5 m/detik memerlukan daya listrik:

$$\frac{0.75 \times 2000 \times 0.4536 \times 2{,}5}{75} \text{ HP} = 23 \text{ HP}$$

(1 pound = 0.4536 kg; 1 HP = 75 kg m/detik;
1 HP = 0.746 KVA)

Beban panas = 1/3 x 23 x 2500 Btu = 19.167 Btu

13. LIFT BARANG

Setiap gedung bertingkat banyak baik dalam bentuk perkantoran, flat, atau penggunaan campuran dengan gedung komersiil pasti memerlukan sarana sirkulasi vertikal untuk *barang* di samping untuk orang.

Kriteria untuk lift barang yang penting ialah *ukuran* dan *berat* barang yang harus diangkut. Dalam gedung-gedung dengan penggunaan campuran (mixed use) seringkali lift barang juga harus dapat melayani angkutan orang terutama pada jam-jam sibuk.

Perkiraan yang dapat digunakan dalam prarencana ialah untuk setiap 5 lift orang diperlukan 1 lift barang.

Kapasitas lift barang berkisar antara 1-5 ton dengan ukuran dalam antara 1.60 x 2.10 m sampai 3.10 x 4.20 m dan kecepatan bergerak 1.5 - 2 m/detik maximum atau rata-rata 0,25 - 1 m/detik.

BAB II
PEKERJAAN PIPA DAN SANITASI/PLUMBING

Dalam rangka penghunian bangunan bertingkat banyak baik itu perkantoran, perhotelan, rumah sakit, flat, ataupun bangunan bertingkat banyak lainnya, penghuninya memerlukan pengadaan atau penyaluran air bersih dingin, panas ataupun air es untuk tata udara, dan pembuangan air kotor, air hujan serta perlengkapan sanitasi yang diperlukan.

Untuk perumahan bertingkat banyak diperlukan pipa penyalur gas untuk dapur, dan untuk proyek rumah sakit diperlukan pipa penyalur oxigen.

Prasarana yang diperlukan adalah pipa dari besi cor atau pipa hitam, pipa putih atau pipa galvanis, pipa PVC atau plastik bertulang, atau pipa baja tahan karat untuk penyaluran oxigen. Pekerjaan pipa disimpan (disembunyikan) dalam tabung pipa (pipe shaft) dalam inti bangunan (building core).

Dalam proyek perhotelan ataupun rumah sakit yang mempuyai kamar mandi bertumpuk, sedangkan di lantai bawah ada ruang-ruang penunjang seperti lobby, restoran atau ruang penunjang produktif maupun nonproduktif lainnya, maka pipa pembuang tegak (standpipe) ditampung oleh pipa penampung horisontal yang disembunyikan dalam ruang instalasi yang terletak antara blok kamar tidur dan ruang penunjang bertingkat rendah.

Untuk menghemat pipa pembuang tegak, perlengkapan saniter diletakkan bertolak belakang atau pada satu seri pipa pembuang mendatar.

ANGKA-ANGKA KUNCI UNTUK PERANCANGAN PLUMBING

1. KEBUTUHAN AIR BERSIH BANGUNAN

Flat/rumah tinggal	150	liter/orang/hari
Sekolah	75	liter/orang/hari
Industri	100	liter/orang/hari
Institusi	400	liter/orang/hari
Rumah sakit	500	liter/orang/hari
Hotel	3.000	liter/kamar/hari
Penjara	50	liter/orang/hari
Binatu	40	liter/kg cucian
Tempat cuci mobil	200	liter/kali

2. PEDOMAN CEPAT UNTUK PERANCANGAN

Flat	2	m^3/hari/100m^2
Kantor	1	m^3/hari/100m^2
Rumah sakit	1,5	m^3/hari/100m^2
Hotel	3	m^3/hari/100m^2
Pertokoan	0,5	m^3/hari/100m

3. KEBUTUHAN PERLENGKAPAN SANITER

Closet	8	liter/kali
Urinoir	30	liter/jam
Badkuip	250	liter/kali
Douche/mandi pancuran	25	liter/kali

4. KEBUTUHAN AIR PERLENGKAPAN BANGUNAN

Airconditioning	0,2	m^3/menit/TR
Mesin uap	20	liter/HP/jam
Pengaman kebakaran	20	m^3
Tangki minimum	10	m^3

5. DAYA BUANG RATA-RATA/AVERAGE DISCHARGE PERLENGKAPAN SANITER

Closet	120	liter/menit
Badkuip/bak mandi	90	liter/menit
Wastafel/urinoir	60	liter/menit
Kebutuhan closet	1	buah/40 orang.

6. DATA UNTUK MENENTUKAN DIAMETER PIPA PENYALUR (ATAS DASAR KEHILANGAN TEKANAN 0,2 m/m')

Diameter	Debit liter/menit
3/8"	5
1/2"	12,5
3/4"	30
1"	65
1 1/4"	130
1 1/2"	200
2"	425
3"	1.500
4"	2.000

Kran:	
1/2"	20 Wastafel, badkuip
3/4"	40
1"	70
1 1/4"	110

7. PIPA PEMBUANG AIR HUJAN (HUJAN 500 mm / m² / JAM)

Pipa	Luas atap m²
2"	75
2 1'2"	150
3"	250
4"	500
5"	1.000
6"	1.500
8"	3.000

8. PERHITUNGAN PRASARANA UTILITAS

Suatu bangunan flat 13 lantai dengan 96 unit flat 36 m²/flat dibangun dengan sistem bangunan tipis bertingkat banyak/"SLAB" 8 flat/lantai. Poros memanjang gedung diarahkan timur-barat agar tidak banyak masuk panas matahari, untuk memperkecil beban pendinginan ruang (Cooling Load). Lantai dasar (Lantai 1) digunakan untuk fasilitas komunal (parkir, bermain anak-anak, warung-warung, toko).

A. Jumlah Lift

Kapasitas minimum m = 15, kecepatan rata-rata = 1 m/detik

$$N = \frac{(36 \times 8) \times 13 \times 0{,}03\ (2 \times 2{,}7 + 4 \times 1)\ (13 - 1) + 1\ (3 \times 15 + 4)}{300 \times 15 \times 3 \times 1}$$

$$N = 2;\ T = \frac{300\ ma"N}{a'n\ P} = \frac{300 \times 15 \times 3 \times 2}{36 \times 8 \times 13 \times 0{,}03} = 240 \text{ detik}$$

$$w = \frac{240}{2} = 120 \text{ detik}$$

Daya Listrik Lift = (0,85 x 2 x 0,75 ms) = 0,85 x 2 x 0,75 x 15 x 1

$$19{,}13\text{kw} = \frac{19.125}{13 \times 36 \times 9 \times 1{,}3} = 3{,}49 \text{ w/m}^2$$

B. Tangga Darurat

Jumlah penghuni gedung per lantai diperhitungkan $\frac{36 \times 8}{3} = 96$ orang.

Waktu pengosongan gedung 5 menit setiap 0.6 m lebar tangga memperhatikan 30 orang/menit.

lebar tangga minimum = $\frac{96}{5 \times 30}$ x 0,6 m = 0,64 m.

Dipasang 2 tangga dengan lebar 1.20 m. minimum.

Setiap gedung harus dilengkapi dengan 2 tangga darurat dengan jarak pencapaian maximum 30 meter.

C. Pekerjaan Pipa (Plumbing)

1. Per seri vertikal

Untuk closet: 12 x 2 buah = 24 bh A 120 liter/menit (Daya buang rata-rata Average Discharge) = 2.880 liter/menit.

Diambil pipa pembuang tegak (standpipe) 1ϕ4" = 15.000 liter/menit (Lihat Tabel-A dan B).

2. Pipa Pembuang Air Kotor

Per seri vertikal (daerah kamar mandi):

Bak mandi: 12 x 2 bh =
24 x 90 liter/menit = 2.160 liter/menit

Wastafel: 12 x 2 bh =
24 x 60 liter/menit = 1.440 liter/menit

Per seri vertikal (daerah dapur):
Bak dapur: 12 x 2 x 90 liter/menit = 2.160 liter/menit
Bak cuci pakaian:
12 x 2 x 60 liter/menit = 1.440 liter/menit
Total = 7.200 liter/menit
Pipa pembuang tegak 1 ϕ 4" = 15.000 liter/menit

3. Pipa Pembuang Air Hujan
Luas bidang atap = 36 x 9 x 1,3 = 421 m²
Hujan terberat Indonesia = 500 mm/m²/jam = 8,3 liter/menit
Curah hujan total = 421 x 8,3 liter/menit = 3.496 liter/menit
Pipa pembuang disebar: 6 ϕ 3" = 10.800 liter/menit

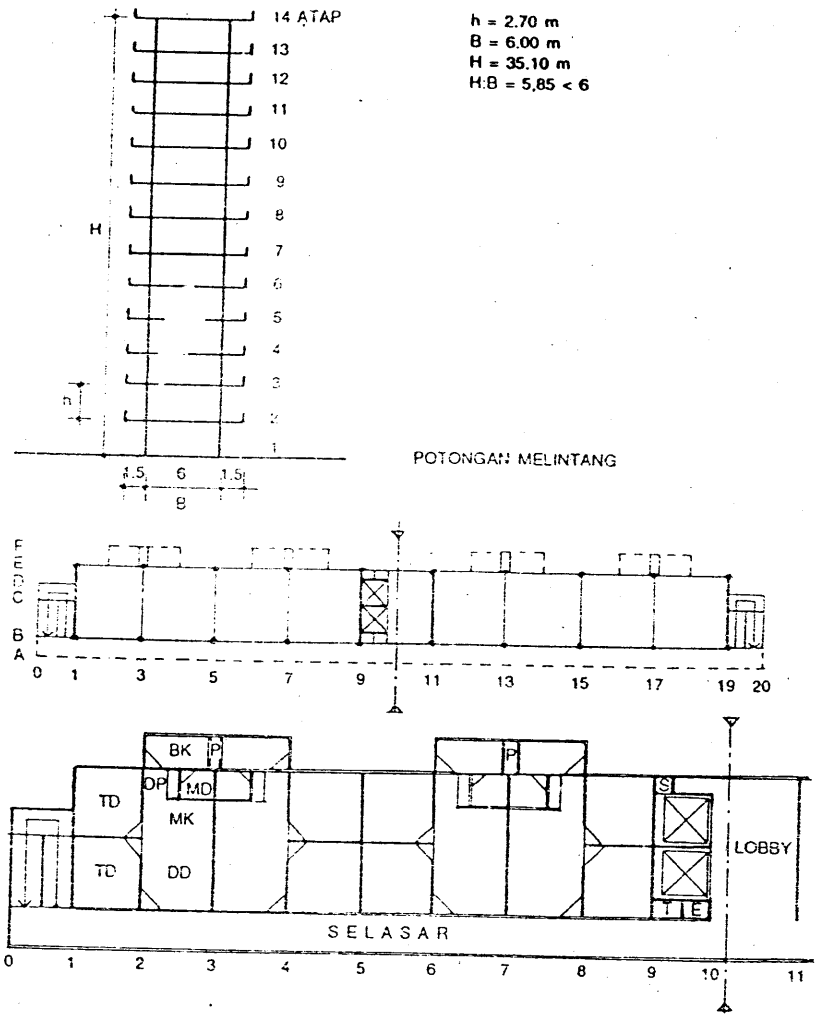
4. Pipa Penyalur Air Bersih Dingin
Per seri vertikal:
24 closet x 120 liter/menit = 2.880 liter/menit
24 wastafel x 90 liter/menit = 2.160 liter/menit
24 bak mandi x 90 liter/menit = 2.160 liter/menit
24 bak mandi x 90 liter/menit = 2.160 liter/menit
24 bak cuci pakaian x 60 liter/menit = 1.440 liter/menit
Total = 10.800 liter/menit
Menurut Tabel C: Perlu air bersih dingin:
0,25 x 500 liter/menit = 125 liter/menit; Pipa penyalur ϕ11/4".

5. Pipa Penyalur Air Bersih Panas
Per seri vertikal:
24 bak mandi x 5 liter/menit = 120 liter/menit
24 wastafel x 0,3 liter/menit = 7,2 liter/menit
24 bak dapur x 1,35 liter/menit = 32,4 liter/menit
Menurut Tabel-D: Total = 159,6 liter/menit
Perlu air panas: 0,3 x 159,6 liter/menit = 48 liter/menit
Menurut Tabel-E perlu pipa ϕ 1" = 65 liter/menit

D. *Daya Listrik Untuk Pompa Air*

a. Penyaluran air bersih dingin untuk 1 blok gedung
4 seri vertikal x 125 liter/menit = 500 liter/menit
2 x pompa per hari = 250 liter/menit
Panjang pipa penyalur = 13 x 2,7 x 1,1 = 39 m'
10% untuk belokan dan sambungan.

PROYEK RUMAH SUSUN



SKEMA DENAH RUMAH SUSUN 36 m² PER FLAT.
STRUKTUR BOK ATAU KOTAK BETON TULANG CETAK
SETEMPAT DIPIKUL PORTAL
TRAVE STRUKTUR BOX 3.00 m; TRAVE PORTAL DASAR 6.00 m.
LANTAI DASAR UNTUK FASILITAS KOMUNAL

Tahanan pipa 0,2 m/m¹ = 39 x 0,2 = 7,8 m¹.
Panjang pipa ekivalen = 39 + 7,8 = 47 m¹.
Daya listrik untuk pompa =

$$\frac{250 \text{ x } 47 \text{ kgm}}{60 \text{ detik}} = 195{,}8 \text{ kgm detik} = \frac{195{,}8}{75} = 2{,}6 \text{ HP} =$$

$$1{,}94 \text{ kw} = \frac{1.940}{13 \text{ X } 36 \text{ X } 9 \text{ X } 1{,}3} = 0{,}354 \text{ w/m}^2.$$

b. Penyaluran air bersih panas untuk 1 blok gedung

4 seri vertikal x 48 liter/menit	= 192 liter/menit
2 x pompa per hari	= 96 liter/menit
Panjang pipa ekivalen	= 47 m¹.

Daya listrik untuk pompa air panas:

$$\frac{96 \text{ x } 47 \text{ x } 0{,}746}{75 \text{ x } 60} = 0{,}748 \text{ kw} = \frac{748}{5.476} = 0{,}14 \text{ w/m}^2$$

Jumlah daya listrik untuk pompa-pompa air = 0,5 w/m².

9. TABEL-A. DAYA BUANG RATA-RATA (AVERAGE DISCHARGE) PERLENGKAPAN SANITER

Closet	120	liter/menit
Bak mandi	90	liter/menit
Wastafel	60	liter/menit
Urinoir	120	liter/menit
Bidet	90	liter/menit
Bak cuci dapur	90	liter/menit
Shower	60	liter/menit
Bak cuci pakaian	60	liter/menit

10. TABEL-B PIPA PEMBUANG TEGAK (STAND PIPE/STACKS)

1 1/4"/ Ø 3,715 cm	60	liter/menit
1 1/2" - 3,81	240	liter/menit
2" - 5,08	720	liter/menit
2 1/2" - 6,35	1.260	liter/menit
3" - 7,62	1.800	liter/menit
4" - 10,16	15.000	liter/menit
5" - 12,7	33.000	liter/menit
6" - 15,24	57.000	liter/menit
8" - 20,32	108.000	liter/menit
10" - 25,4	168.000	liter/menit
12" - 30,48	252.000	liter/menit

11. TABEL-C BEBAN KEBUTUHAN AIR (DOMESTIC WATER DEMAND LOAD)

Daya buang perlengkapan (discharge). Kebutuhan (water demand)

liter/menit	liter/menit
600	50
1.200	100
1.800	120
2.400	160
3.000	180
3.600	200
4.200	215
4.800	240
5.400	360
6.000	270
6.600	280
7.200	295
7.500	320
15.000	500
22.000	700
30.000	870
37.500	1.000
45.000	1.100
52.500	1.200
60.000	1.300
67.500	1.400
75.000	1.500
82.000	1.600
90.000	1.700

12. TABEL-D
KEBUTUHAN AIR PANAS

	FLAT	HOSPITAL	HOTEL	PABRIK	KANTOR
	liter/menit				
Wastafel	0,3	0,4	0,5	0,8	0,4
Shower	5	5	5	15	
Bak cuci	1,35	1,35	2	1,35	1,0
Cuci piring (untuk 500 orang)	16,5	16,7	16,7	16,7	16,7
Bak Pantry	0,35	0,65	0,65	-	-
FAKTOR REDUKSI (DEMAND FACTOR)	0,3	0,25	0,25	0,4	0,3
FAKTOR SIMPANAN (STORAGE FACTOR)	1,25	0,60	0,80	1,00	2,00

Catatan:

Untuk air panas disediakan pipa penyalur dan pipa kembali ke tangki pemanas air.

(Up Feed + Down Feed) Loupe System.

13. TABEL-E PIPA PENYALUR AIR
(TAHANAN 0,2 m / m')

DIAMETER PIPA (INCH)	DAYA SALUR (LITER/MENIT)
3/8	5
1/2	12,5
3/4	30
1	65
1 1/4	130
2	200
3	1.500
4	2.000
KRAN:	
1/2	20
3/4	40
1	70
1 1/4	110

14. TABEL-F
KOEFISIEN PENGGUNAAN AIR

Flat, Sekolah, Gedung Umum ..... : 0,25
Hotel ..... : 1/3
Rumah Sakit, Gedung Olah Raga .... : 0,25
Kolam renang ..... : 1,0

15. TABEL-G SEPTIC TANK

JUMLAH ORANG YANG DILAYANI	VOLUME (m^3)	UKURAN: (m^3)
60	4	1,2 x 2,5 x 1,5
120	8	1,5 x 3,5 x 1,9
180	12	1,8 x 4 x 1,9
240	16	1,8 x 5,4 x 2
300	20	2,2 x 5,4 x 2
360	24	2,4 x 6 x 1,5
420	28	2,5 x 6 x 2,1
480	32	2,5 x 7 x 2,1
RATA-RATA: 0,10 m^3/orang		

16. PENGOLAHAN AIR BUANGAN

DEFINISI (ABREVIASI)

Air Buangan atau Limbah (Waste Water) adalah air yang telah selesai digunakan oleh berbagai kegiatan manusia. (Rumah tangga, Industri, Bangunan Umum dan lain-lain)

Sewer adalah pipa atau perpipaan atau jaringan perpipaan yang pada umumnya tertutup dan normalnya tak membawa aliran air buangan secara penuh.

Sewage adalah cairan buangan yang dibawa melalui Sewer.

Sewerage System adalah suatu sistem pengelolaan Air Limbah mulai dari pengumpulan (Sewer) pengelolaan (Treatment) sampai dengan pembuangan akhir (Disposal)

Combined Sewer (Sistem tercampur atau Kombinasi) adalah sistem yang direncanakan untuk membawa domestik sewage, Industrial Waste dan Storm Sewage (Air hujan)

Self purification adalah kemampuan alamiah dari suatu badan air atau sungai untuk menguraikan zat-zat organik menjadi zat yang stabil.

DO (Disolved Oxygen) adalah oksigen yang terlarut dalam air yang digunakan untuk metabolisme binatang dan tumbuh-tumbuhan di dalam air.

- BOD (Bio chemical Oxigen Demand) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik pada kondisi aerobik.
- Kondisi Aerobik = Kondisi suatu badan air yang mengandung O_2
- Kondisi Anaerobik = Kondisi suatu badan air yang tidak mengandung Oksigen.

2. KARAKTERISTIK AIR BUANGAN

Secara umum terdiri dari:

A. Karakteristik Fisik

- Warna
- Bau
- Suhu
- Kekeruhan

B. Karakteristik Kimia

- Zat Organik (Zat yang dapat terurai atau mudah terurai menjadi Zat yang stabil oleh manusia secara alamiah) Umumnya terdiri dari senyawa C.H.N.OPS (Protein dan Karbohidrat.)
- Zat Anorganik (Zat yang tak dapat diurai oleh bakteri)
  Contohnya:
  - Besi (Fe)
  - Mangan (Mn)
  - Air Raksa (Hg)
  - Timah Hitam (Pb)
  - Logam berat lainnya
  - Pestisida
  - Detergent

C. Karakteristik Biologi

- Aerobik bakteri (Bakteri yang hidup bila ada O_2)
- Anaerobik bakteri (Bakteri yang dapat hidup tanpa O_2)
- Fakultatif (Bakteri yang hidup antara ada dan tak ada O_2)

3. PROSES SELF PURIFIKASI DI SUNGAI (Self Purification)

Proses terjadinya pembersihan diri sendiri oleh sungai secara lamiah.

Reaksi yang terjadi

- Zat Organik + O_2 bakteri zat-zat yang stabil + CO_2
- O_2 diperoleh dari Badan air dan Udara.

Keadaan I

Disebut *Zone Degradasi* Air Buangan dengan tingkat pencemaran yang tinggi dibuang ke sungai menyebabkan perubahan.

Karakteristik: fisik, kimia dalam kehidupan rantai makanan (Food Chain) di dalam air, bakteri menggunakan oksigen yang ada untuk menguraikan pencemaran, terjadi *defisit oksigen, ikan dan tumbuh-tumbuhan mati yang hidup adalah jamur, gas* CO_2, CH_4 & H_2S.

Keadaan II

Disebut *Zone Dekomposisi*

Tidak ada oksigen terlarut dalam sungai, bakteri yang hidup adalah bakteri Anaerobik; air menjadi busuk berwarna hitam dan bau (H_2S); *timbul endapan lumpur tebal berwarna hitam.*

Keadaan III

Disebut Oksigen mulai busuk ke badan air (dari udara bebas, pengenceran, mekanis, hidrolis) CO_2 berkurang berubahnya NH_3 + $O_2 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow NO_3$ bakteri aerobik mulai hidup (Protozoa porifera).

Keadaan IV

- Keadaan aerobik dimulai kondisi membaik seperti semula, tumbuh-bumbuhan dan ikan mulai hidup dan berkembang.

4. DAMPAK PEMBUANGAN AIR LIMBAH TERHADAP LINGKUNGAN

Dampak yang timbul antara lain:

a. Timbulnya bau busuk, karena pencemaran yang tinggi sehingga air menjadi septik. Penghuni di sepanjang badan air menjadi tidak nyaman.
b. Kehidupan akuatik (ikan dan lain sebagainya) menjadi terganggu bahkan dapat punah karena kadar oksigen di dalam air menjadi sedemikian rendahnya.
c. Dalam jumlah yang tidak terlalu besar dapat memperkaya kadar Nutricyt (zat makanan) dalam air yang memungkinkan timbulnya Algae (ganggang) dan water Hyacynth (eceng gondok)
d. Bila kualitas air pada badan air penerima sedemikian buruknya maka diperlukan proses pengolahan yang kompleks dan mahal untuk dapat digunakan kembali.
e. Badan air penerima akan menjadi tempat berkumpulnya Vektor penyakit di samping bakteri-bakteri penyakit (cacing, penyakit perut).
f. Menurunnya kualitas air tanah dangkal, pencemaran yang meresap ke dalam tanah dan kontak dengan air tanah.
g. Berkurangnya air baku untuk air minum karena kualitasnya yang tidak memenuhi syarat air baku.
h. Kualitas kesehatan lingkungan menjadi menurun.

Jenis penyakit yang timbul akibat penularan melalui air buangan antara lain:

- Penyakit saluran pencernaan (typhus, para typhus, dysentri, cholera, schistozominasis, dan lain sebagainya).

5. FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN

1. Kebiasaan hidup manusia
2. Tingkat pendidikan masyarakat
3. Tingkat kesejahteraan masyarakat
4. Peraturan perundangan tentang air buangan
5. Dana yang tersedia
6. Industri pengelola
7. Peran serta masyarakat

6. SISTEM PENGELOLAAN AIR BUANGAN DAN PENGOLAHAN AIR BUANGAN

Pengelolaan air buangan meliputi kegiatan antara lain:

- Penyambungan rumah
- Pengumpulan dan membawa air buangan
- Pengolahan air buangan
- Pembuangan akhir air buangan

1. Cara Pengolahan Air Buangan

Dapat dibagi menjadi:

- Sistem Individual
- Sistem Komunal (Sewerage System)

- Sistem Individual yaitu buangan tinja dari unit WC langsung disalurkan ke dalam lubang penampung dan diolah/diuraikan secara Anaerobik.
- Sistem Komunal.
  Buangan rumah tangga disalurkan ke jaringan Sewerage kota (Jaringan saluran air buangan) dan berakhir pada Instalasi pengolahan air buangan, untuk kemudian air yang telah memenuhi syarat dibuang ke badan air penerima.

2. Proses Pengolahan Air Buangan

Bahan baku yang masuk berupa buangan rumah tangga dan buangan Industri. Air buangan rumah tangga mengandung buangan tinja, buangan pencuci, buangan dapur (cair) yang kesemuanya terutama yang berupa buangan organik. Air Buangan Industri mengandung bahan-bahan buangan kimia dan bahan-bahan buangan organik berupa buangan organik dan anorganik. Pada prinsipnya proses pengolahannya dilaku-kan dalam 4 tahap yaitu:

1. Tahap pengolahan awal:
   - Berupa penyaringan terhadap benda-benda kasar dan terdiri dari unit saringan kasar dan pengendapan pasir.
2. Tahap pengolahan Pertama:
   - Berupa pengurangan benda-benda atau pertikel-pertikel padat dan terdiri dari unit pengendapan.
3. Tahap pengolahan Kedua:
   - Berupa penguraian bahan-bahan organik dalam air buangan, dengan bantuan mikro organisme, Oxygen dan/atau berupa pemisahan bahan kimia yang tidak dikehendaki dengan mengikat bahan tersebut dengan bahan kimia lain agar terbentuk "FLOK" yang dapat mengendap. Unit pengolahan terdiri dari unit Biologi dan unit Kimia dan unit pengendapan-pengendapan.
4. Tahap pengolahan Lumpur:
   - Penstabilan endapan lumpur dari unit pengendapan yang terjadi dan terdiri dari unit pencerna dan pengering. Air buangan secara partial terdiri dari Cairan dan Padatan sedangkan air buangan secara fisik, kimia dan bakteriologi mengandung senyawa organik senyawa P, senyawa K dan bakteri (Patogen dan tidak patogen).
   - Mendasarkan atas prosesnya, maka dalam pengolahan air buangan dikenal 3 proses yaitu:

a. Proses Fisik:
- Berupa pemisahan antara cairan dan padatan dengan cara pengendapan dan penyaringan.
  Contoh: Unit saringan, pengendapan pasir, pengendapan 1 dan 2.

b. Proses Biologi:
- Berupa penguraian senyawa organik komplek menjadi bentuk sederhana dengan bantuan aktivitas mikro organisme dengan cara Aerasi dan penambahan lumpur aktif bila diperlukan.
  Contoh: Unit Biologi.

c. Proses Kimia:
- Berupa pengikatan unsur-unsur kimia yang tidak dikehendaki dan tidak dapat terpisah dalam proses fisik, dengan cara:
  Membunuh bahan kimia sebagai koagulan
  Contoh: Unit Koagulasi dan Flokulasi.

d. Proses Kimia/Biologi:
- Berupa membunuh bakteri patogen dengan membubuhkan desinfektan.
  Contoh: Chlorinasi.
- Mendasarkan atas hasilnya, dikenal pengolahan air buangan lengkap dan tidak lengkap. Pada pengolahan air buangan lengkap, hasil olahannya telah aman, sedangkan hasil olahan tidak lengkap masih belum terlalu aman.

*7. SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI DKI *)*

Sistem pengolahan air limbah di DKI pada umumnya memakai Sistem Individual untuk Fecal Manusia yaitu Septic tank (Cubluk) yang overflownya dibuang ke badan air dan tidak memenuhi persyaratan kualitas yang berlaku.

Sedangkan air cuci/kamar mandi dan buangan dapur dibuang langsung ke saluran mikro drainase pemukiman, yang mengakibatkan saluran air hujan pada musim kemarau berisi buangan dan menjadi sarang nyamuk.

Sistem komunal (Sewerage System) baru merupakan pilot proyek di Kecamatan Setiabudi.

*) Sumber: Ir. Rochadi (DKI)

17. DRAINASE

Koefisien Aliran = PERBANDINGAN BESARNYA HUJAN YANG MENJADI ALIRAN DENGAN BESARNYA HUJAN ITU SENDIRI

Daftar Koefisien Aliran (C) (Run - Off Coefficient)

Padang rumput/taman-taman	0,05 - 0,10
Pedusunan	0,10 - 0,25
Pemukiman	0,25 - 0,50
Daerah sedang	0,50 - 0,170
Daerah padat	0,70 - 0,90
Jalan aspal	0,25 - 0,60
Atap	0,70 - 0,95

Rumus debit : $Q_p = 0{,}278\ C\ I\ A$

Q_p = Debit puncak (m^3/detik)
C = Koefisien aliran
I = Curah hujan (mm/m^2/jam)
A = Luas area yang dihitung (km^2)

Contoh:

Suatu daerah pemukiman seluas 30 hektar dengan pembagian lahan 60% untuk pemukiman, 15% jalan-jalan, 15% ruang terbuka, 10% fasilitas umum. Sedangkan daerah pemukiman dibangun perumahan dengan kepadatan bangunan 60% (padat) curah hujan 300 mm/m^2/ jam. Hitunglah drainase.

Perhitungan:

1. Daerah pemukiman = 60% x 30 x 10.000m^2 = 180.000 m^2 = 0,18 km^2
   C_1 = 0,70. Q_1 = 0,278 x 0,7 x 300 x 0,18 m^3/dt = 10,51m^3/dt
2. Jalan-jalan = 15% x 30 x 10.000 m^2 = 45.000 m^2 = 0,045 km^2
   C_2 = 0,60; Q_2 = 0,278 x 0,6 x 300 x 0,045 m^3/dt = 2,252 m^3/dt
3. Ruang terbuka = 15% x 30 x 10.000 m^2 = 45.000 m^2 = 0,045 km^2
   C_3 = 0,10; Q_3 = 0,278 x 0,10 x 300 x 0,45 m^3/dt = 0,375 m^3/dt
4. Fasilitas umum = 10% x 30 x 10.000 m^2 = 30.000 m^2 = 0,03 km^2
   C_4 = 0,95; Q = 0,278 x 0,95,300 x 0,03 m^3/dt = 2,377 m^3/dt

Drainase total = 15,514 m^3/dt

Luas area jalan = 45.000 m^2.
Dengan lebar jalan rata-rata 5 m, panjang jalan = 9000 m^1.
Panjang parit sebelah menyebelah jalan = 2 x 9000 m^1 = 18.000 m^1.
Panjang parit per arah = 300.000 = 548 m^1; jumlah = $\frac{1800}{548}$ = 33 jalur

Dengan kecepatan aliran 0,5 m^1/dt, luas penampang parit = $\frac{15{,}514}{0{,}5 \times 33}$ m^2 = 0,94 m^2 = ± 1 m^2/parit

BAB III
TATA UDARA (AIR CONDITIONING)

Prinsip: MENURUNKAN TEMPERATUR DAN KELEMBABAN RUANG.

Bila temperatur dan kelembaban tinggi, orang akan merasa pengap (sticky).

Temperatur udara di Indonesia sekitar 30° dan kelembaban sekitar 80%. Indonesia termasuk daerah Tropis Lembab. Mesin pengatur udara (air conditioning) terdiri dari Kompresor yang mensirkulasikan zat pendingin (refrigerant) ke dalam kumparan pipa tembaga (coil), dimana udara dari dalam ruang diserempetkan pada kumparan (convectie) yang panasnya diserap oleh refrigerant yang kemudian mengembun. Adapun udara dalam ruang diisap dan diembus kembali masuk ruang oleh blower (kipas).

Setelah udara lewat kumparan, temperaturnya menurun sebab panasnya dipakai oleh refrigerant yang mengembun. Pada saat yang sama, uap air dalam udara mengembun pula, sehingga kelembaban udara menurun. Refrigerant adalah zat pendingin yang berasal dari gas metan (CH_4) yang Hidrogen-nya diganti dengan Halogen Fluor atau Chloor, yang disebut dalam perdagangan: Freon

Freon 11 : C Cl_3F
Trichloro mono fluoro methan

Freon 12 : C Cl_2F_3
Dichloro difluoro methan

Refrigerant Freon mempunyai sifat dapat menguap pada temperatur biasa, tidak berbau, tidak beracun.

Untuk Refrigerasi Industri seperti pabrik es dan Gudang pendingin, dipakai zat pendingin amoniak (NH_3) yang berbau tetapi lebih murah daripada Freon.

Sistem pendingin ruang ada 2 macam:

1. SISTEM LANGSUNG (DIRECT COOLING)

Dalam sistem ini udara didinginkan langsung oleh refrigerant dengan menggunakan mesin-mesin sistem Paket seperti Window Unit atau package Airconditioner dengan atau tanpa tabung udara dingin (ducting). Pelajari gambar-gambar!

2. SISTEM TIDAK LANSUNG (INDIRECT COOLING)

Dalam sistem ini dipakai media: air es/chilled water dengan temperatur sekitar 5°C. Air es diproduksi dalam chiller, mesin pembuat air es yang menggunakan refrigerant sebagai zat pendingin.

Cara ini banyak dipakai dalam bangunan tinggi sebab menghemat tempat karena hanya menggunakan tabung penyebar udara horisontal, tidak perlu ada tabung vertikal.

Udara diserempetkan pada kumparan pipa di mana air es disirkulasikan. Mesin pengolah udara/air handling unit (AHU) berisi: kumparan pipa (coil), blower dan filter udara. AHU dapat ditempatkan di setiap lantai atau satu AHU melayani 2-3 lantai atau jika lantai tingkat sangat luas, satu lantai dilayani 2 atau lebih AHU.

Dalam perancangan juga harus diperiksa kapasitas AHU berapa yang ada di pasaran.

MESIN AC

Dibagi menurut cara kerjanya:
Unit Refrigerasi Kompresi Uap:

1. Sistem expansi langsung (direct expansion)
   - Penyegar udara paket
   - Penyegar udara ruangan (AC Room Unit)
2. Sistem expansi tak langsung (Indirect expansion)
   - Unit pendingin air (Chilled water system)
   - Dipakai untuk gedung yang luas atau tinggi.

Dibagi menurut sistem pendinginannya:
Air Cooled (Pendingin udara)

- Digunakan untuk mesin-mesin dengan kapasitas kecil
- Efisiensi rendah
- Maintenance rendah.

WATER COOLED (PENDINGIN AIR)

- Digunakan untuk mesin-mesin dengan kapasitas besar.
- Efisiensi lebih besar.
- Maintenance lebih tinggi karena menyangkut persoalan penyediaan air.

APLIKASI DARI AC SENTRAL

GEDUNG KANTOR

Dapat dibagi menurut jumlah tingkat lantai. Satu AHU dapat melayani 1 lantai atau lebih tergantung kapasitas AHUnya dan beban kalor yang akan didinginkan.

HOTEL, APARTEMEN DAN ASRAMA

Umumnya digunakan fan-coil unit. Ruang-ruang Umum Hotel dengan AC Package + ducting horisontal.

RUMAH SAKIT

Rumah sakit berbeda dengan jenis bangunan lainnya, di mana lingkungannya harus dijaga supaya tetap bersih untuk mencegah penyebaran dan berkembangnya bakteri-bakteri. Oleh karena itu ruangan yang tersedia hendaknya dibagi menjadi beberapa daerah sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pencampuran udara yang mengandung kuman penyakit.

AC yang sesuai adalah type unit coil kipas udara (fan-coil) yang dipasang pada setiap ruangan atau Package yang dipasang pada setiap daerah.

TOKO SERBA ADA DAN PUSAT PERTOKOAN

Dapat dibagi sama dengan gedung kantor, dengan ducting horisontal.

GEDUNG-GEDUNG PERTEMUAN (BIOSKOP DAN LAIN-LAIN)

Dapat digunakan 1 (satu) buah AC Package atau lebih + ducting.

INDUSTRI

Dibagi atas 2 bagian, yaitu:

a. Penyegaran udara bagi para karyawan.

b. Penyegaran udara yang digunakan dalam proses produksi, penyimpanan, lingkungan kerja mesin dan sebagainya.

ISTILAH-ISTILAH YANG SERING DIJUMPAI DALAM PENGERTIAN AC

1 Ton R = 12.000 Btu/h

Beban panas latent = beban panas penguapan air

Beban panas sensibel = beban panas dari sumber panas dalam perubahan suhu. Refrigerant = zat pendingin.

Refrigerant untuk mesin dengan kapasitas besar dipilih: R_{11}, R_{12}, R_{22}.

Freon 11 = $C\,Cl_3F$ = Trichloro monofluoro methane

Freon 12 = $C\,Cl_2F_3$ = Dichloro difluoro methane

Freon 113 = $C\,Cl_3f$ = Trichloro trifluoro ethane

Freon 114 = $C_2\,Cl_2\,F_4$ = Dichloro tetrafluoro ethane

Methane = CH_4

Ethane = C_2H_6

Ethylene = C_2H_4

Ammoniak = NH_3

Water vapor = H_2O

CARA KERJA DARI KOMPONEN-KOMPONEN AC SENTRAL

Evaporator (Penguap)

Cairan refrigerant yang tekanannya diturunkan pada katup expansi didistribusikan secara merata ke dalam pipa evaporator. Dalam hal ini refrigerant akan menguap dan menyerap kalor air yang dialirkan ke dalam tabung evaporator sehingga air yang keluar menjadi dingin dan dipompakan ke dalam coil pendingin di dalam AHU. Uap refrigerant yang bertekanan rendah yang terjadi dikumpulkan dalam penampung uap dan selanjutnya diisap oleh kompresor.

KOMPRESOR

Digerakkan oleh motor listrik. Di dalam kompresor, tekanan uap

refrigerant yang diisap dari evaporator dinaikkan agar mudah mencair. Selama proses kompresi berlangsung, temperatur dan tekanan uap refrigerant menjadi naik ditekan masuk ke dalam kondensor.

KONDENSOR

Uap refrigerant yang bertekanan dan bersuhu tinggi pada akhir kompressi, dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin (atau udara pendingin pada sistem air cooled). Dengan kata lain, uap refrigerant menyerahkan panasnya kepada air atau udara pendingin di dalam kondensor sehingga mengembun dan menjadi cair.

Karena air atau udara pendingin menyerap panas dari refrigerant maka air atau udara tersebut akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor. Uap refrigerant yang sudah menjadi cair ini, kemudian dialirkan ke dalam pipa-pipa evaporator melalui katup expansi. Kejadian ini akan berulang kembali seperti di atas.

KATUP EXPANSI

Digunakan untuk menurunkan tekanan cairan refrigerant yang bertekanan tinggi supaya dapat mudah menguap.

Katup expansi yang biasa digunakan ialah katup expansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigerant yang masuk ke dalam evaporator. Untuk mesin-mesin AC dengan kapasitas kecil, katup expansi ini diganti dengan pipa-pipa kapilar.

KOIL PENDINGIN

a. *Jenis expansi langsung*
Refrigerant yang menguap di dalam evaporator, akan menyerap panas dari udara yang akan didinginkan yang dilewatkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator sehingga udara menjadi dingin dan selanjutnya ditarik dan disalurkan ke dalam ruangan oleh kipas udara (blower).

b. *Jenis expansi tak langsung*
Air yang mudah menjadi dingin yang keluar dari evaporator, masuk ke dalam pipa-pipa koil pendingin di dalam AHU dan air dingin ini akan menyerap panas dari udara (campuran udara luar dan udara kembali dari ruangan) yang melaluinya sehingga udara tersebut menjadi dingin dan kemudian ditarik dan disalurkan ke dalam ruangan oleh kipas udara (blower).

COOLING TOWER

Berfungsi sebagai pendingin refrigerant setelah dipakai untuk mendinginkan air atau membuat air es dalam chiller. Air dijatuhkan dalam bejana yang diberi ventilasi mekanis (lihat gambar).

3. PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN RUANG (AIR CONDITIONING)

Diketahui : ukuran ruangan = (H) x (L) x (W)
kondisi ruangan luar, temperatur = t_o
kelembaban = ...%
kondisi ruang dalam, temperatur = t_i
kelembaban = ... % (50-80)%
exterior ruang dalam: kaca rayban
Tinggi plafon = ... m
Tinggi bidang jendela = ... m

$$\text{Okupasi ruang} = \frac{\text{Luas bruto}}{\text{Luas per orang}}$$

(1) *Beban kalor melalui bidang kaca, (= Beban sensibel)*

Utara	= ..... m^2	x 800 Btu/h/m^2	=	Btuh
Selatan	= ..... m^2	x 400 Btu/h/m^2	=	Btuh
Timur	= ..... m^2	x 900 Btu/h/m^2	=	Btuh
Barat	= ..... m^2	x 1000 Btu/h/m^2	=	Btuh
			.....	Btuh

(2) *Beban kalor oleh transmisi bidang dinding (Beban sensibel)*

Utara	= ..... m^2	x 2,15 Btu/h/m^2 °F x (t_o-t_i)	=	Btuh
Selatan	= ..... m^2	x 2,15 Btu/h/m^2 °F x (t_o-t_i)	=	Btuh
Timur	= ..... m^2	x 2,15 Btu/h/m^2 °F x (t_o-t_i)	=	Btuh
Barat	= ..... m^2	x 2,16 Btu/h/m^2 °F x (t_o-t_i)	=	Btuh
			.....	Btuh
Atap	= ..... m^2	x 11,5 Btu/h/m^2 °F x (t_o-t_i)	=	Btuh
			.....	Btuh

Catatan: Untuk Indonesia $t_o-t_i = 5°$.

(3) *Beban kalor intern*

Beban sensibel orang = okupasi x 200 Btuh = ... Btuh
Beban latent orang = okupasi x 250 Btuh = ... Btuh
Beban sensibel lampu TL
= jumlah watt lampu x 1,25 x 3,4 = ... Btuh +
..... Btuh

(4) *Ventilasi atau infiltrasi*

$$CFM = \frac{(H) \times (L) \times (W) \times (AC) \times 35{,}31}{60}$$

dimana : (H) = room height, m
(L) = room length, m
(W) = room width, m
(AC) = air changes per hour = 2
pertukaran udara per jam = 2 (minimum)

Beban kalor infiltrasi udara luar

a) Beban sensibel = CFM x (t_o - t_i) x 1,08 Btuh = ... Btuh
b) Beban latent =
CFM x perbedaan spesific humidity-gr/lb x 0,67 Btuh
= ..... Btuh
(udara luar dengan udara dalam) ..... Btuh +

Total beban pendingin = (1) + (2) + (3) + (4) = ... Btuh
1 Ton R = 12000 Btuh

Kapasitas AC = $\frac{\text{Total beban}}{12.000}$ = ... Ton R

atau = $\frac{\text{Total Ton R}}{\text{Jlh lantai x tinggi x luas lantai/100}}$
= ..... TR/100 m^3

Daya listrik

1 Ton R = 1,25 kw
Total daya listrik = Total Ton R x 1,15 kw.

BAB IV
PRARANCANGAN INSTALASI LISTRIK INTERN

1. DASAR-DASAR LISTRIK

Arus bolak-balik

- Fasa 1 (satu): $P = E \times I \times \cos \phi$ atau

$$I = \frac{P}{E \times \cos \phi}$$

di mana: P = daya dalam watt
E = Tegangan fasa-netral dalam volt
I = Kuat arus dalam amper
Cos ϕ = Faktor kerja = 0,8 - 0,9

P disebut sebagai daya aktif (real power) sedang ExI disebut sebagai daya semu dengan Volt-Amper (VA).

- Rugi tegangan (u) = tegangan kirim (E_s) - tegangan terima (E_R).
atau (u) = $E_s - E_R$ dan besarnya = 1 - 5% dari E_s
- Penampang penghantar = A
- $A = \frac{2 \times \cos \phi \times I \times l}{\gamma \times u}$

dimana: A = luas penampang penghantar dalam mm2
γ = daya hantar jenis penghantar, untuk Cu = (58×10^6) $(Ohm.m)^{-1}$
u = Rugi tegangan penghantar dalam volt
l = Panjang penghantar dalam meter
I = Kuat arus dalam penghantar dalam amper

Catatan: $1/\gamma = \rho = 0{,}0172 \times 10^{-6}$ Ohm.m

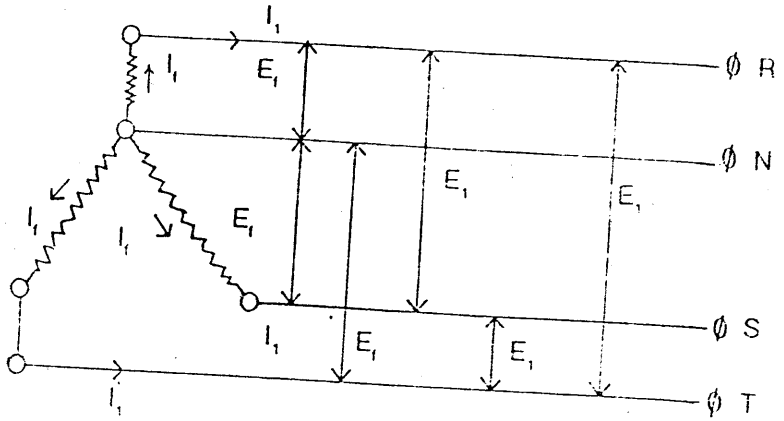
$\gamma = \frac{1}{\rho} = 58 \times 10^6 (Ohm.m)^{-1}$

Rugi tegangan (u) atau voltage drop cukup dihitung berdasarkan persentase rugi tegangan saja, kecuali untuk kabel-kabel transmisi daya.

$u = 2\,RI \cos \phi = 2 \frac{l}{\gamma A} \cos \phi$; $A = 2 \frac{l}{\gamma A} I \cos \phi$

Arus bolak-balik fasa tiga

– Hubungan bintang: contoh 220/380 Volt

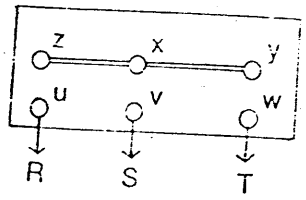


$I_1 = I_f$ dan $E_1 = E_f \times \sqrt{3} = 1{,}732 \times E_f$

Daya $= 1{,}732 \times E_1 \times I_1 \times \text{Cos}\,\phi$

$= 3 \times E_f \times I_1 \times \text{Cos}\,\phi$

dan $I = \dfrac{P}{1{,}732 \times E_1 \times \text{Cos}\,\phi}$

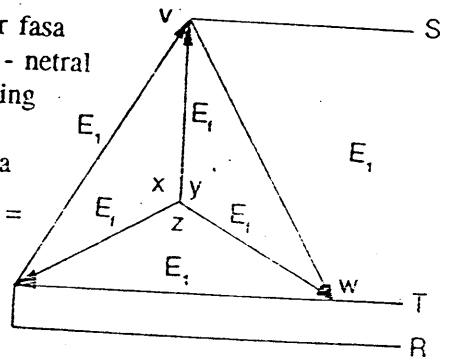


di mana E_1 = tegangan antar fasa

E_f = tegangan fasa - netral

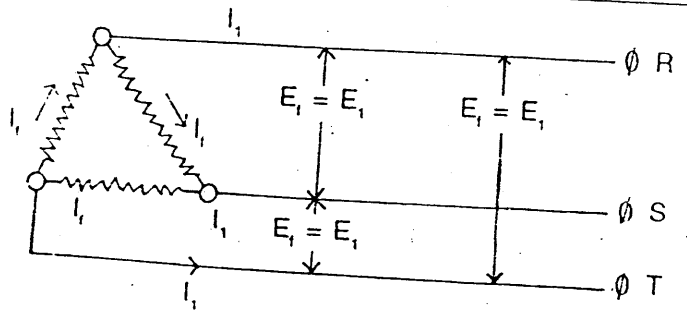
I_1 = arus dalam jaring (penghantar)

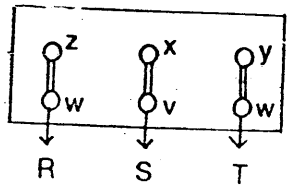
I_f = arus dalam fasa



Luas penampang penghantar: $A = \dfrac{1{,}732 \times \text{Cos}\,\phi}{\gamma \times u} \times I \times l$

Hubungan segitiga





$I_1 = 1{,}732 \times I_f$

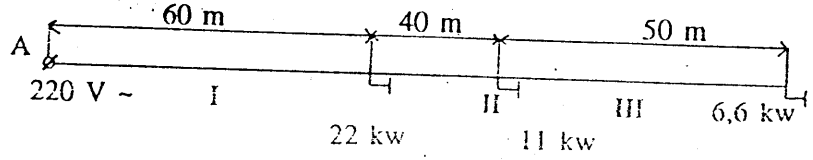
$E_1 = E_f$

Daya $= 1{,}732 \times E_1 \times I_1 \times \text{Cox}\,\phi = 3 \times E_f \times I_f \times \text{Cox}\,\phi$

$$I = \frac{P}{1{,}732 \times E_1 \times \text{Cos}\,\phi}$$

Contoh perhitungan

Suatu saluran supply untuk perlengkapan panel distribusi I, II-dan III seperti pada gambar.



Tentukan luas penampang penghantar yang diperlukan bila saluran instalasi itu dihubungkan dengan:

*a.*Jaringan arus bolak-balik fasa satu 220 volt dengan Cos ϕ = 0,8

*b.*Jaringan a.b.b. fasa tiga 220/320 volt dengan Cos ϕ = 0,8.

Rugi tegangan maximum yang diperbolehkan = 4%.

Tahanan jenis tembaga (Cu) = 1/58 x 10^{-6} ohm-m

Penyelesaian

Hitungan-hitungan untuk instalasi selalu dibuat berdasarkan tegangan nominal, sekalipun tegangan yang sebenarnya akan lebih rendah karena ada rugi tegangan.

Luas penampang kabel supply yang digunakan diasumsikan di mana-mana sama.

a) *Suppy dari jaringan a.b.b. fasa satu 220 V*

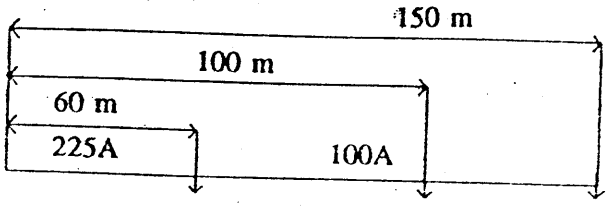
Rumus: $I = \dfrac{P}{E.\ \text{Cos}\,\phi}$

$$I_1 = \frac{22.000}{220 \times 0{,}8} = 125\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{11.000}{220 \times 0{,}8} = 62{,}5\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{6600}{220 \times 0{,}8} = 37{,}5\ \text{A}$$

Total arus supply = 225 A



Luas penampang penghantar yang dibutuhkan berdasarkan rugi tegangan yang diizinkan adalah:

$A = \frac{2.\text{Cos } \phi}{u} \times I \times l$ di mana: u = 4% x 220V = 8,8 V

= 1/58 x 10^{-6} ohm-m

$A = \frac{2 \times 0{,}8}{58 \times 10^{6} \times 8{,}8} \times (125 \times 60 + 62{,}5 \times 100 + 37{,}5 \times 150)$

= 60,7 x 10^{-6} m^2, yang ada dipasaran adalah ukuran 70 mm^2

jadi A = 70 mm^2

Arus yang mengalir dari titik supply = 225 A. Berdasarkan arus ini didapat dari tabel, luas penampang penghantar yang digunakan sebagai berikut:

untuk kabel NYA dalam pipa instalasi ..... = 120 mm^2
untuk kabel NYM ..... = 95 mm^2
untuk kabel NYY atau NYFGbY 2 urat, dalam tanah.. = 70 mm^2
di udara .... = 70 mm^2

b) *Supply dari jaringan a.b.b. fasa tiga, 220/380 V*

Rumus:

$$I = \frac{P}{1{,}732 \times E_l \times \text{Cos } \phi} \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{22.000}{1.732 \times 380 \times 0{,}8} = 41{,}8 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{11.000}{1{,}732 \times 380 \times 0{,}8} = 20{,}9 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{6.600}{1.732 \times 380 \times 0{,}8} = 12{,}5 \text{ A}$$

Rugi tegangan = 4% x 380 V = 15,2 V

Luas penampang penghantar yang dibutuhkan:

$$A = \frac{1{,}732 \times \text{Cos } \phi}{\gamma u} \times I \times l$$

$$= \frac{1{,}732 \times 0{,}8}{58 \times 10^{6} \times 15{,}2} \times (41{,}8 \times 60 + 20{,}9 \times 100 + 12{,}5 \times 150)$$

= 10,2 x 10^{-6} m^2

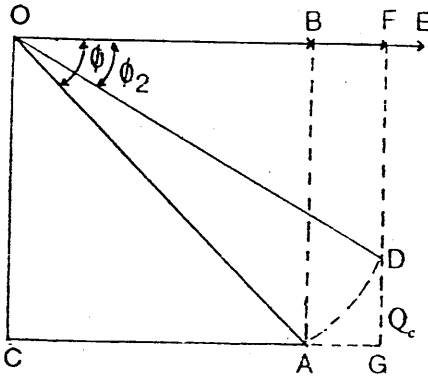
A = 16 mm^2

Arus yang mengalir dari titik supply = 75,2 A Berdasarkan arus ini didapat dari tabel, luas penampang penghantar yang dibutuhkan sebagai berikut:

- untuk kabel NYA dalam pipa instalasi ..... = 25 mm^2
- untuk kabel NYM ..... = 16 mm^2
- untuk kabel NYY atau NYFGbY berurat 4, dalam tanah = 16 mm^2
  di udara = 16 mm^2

Faktor kerja (Cos ϕ)

$$\text{Cos } \phi = \frac{\text{Daya nyata (Watt)}}{\text{Daya semu (VA)}} = \frac{P}{S}$$



OA = OD
OA = Demand (kebutuhan) = S KVA
OB = Daya aktif = P kw
OC = Daya reaktif = Q KVA_r
Cos ϕ_1 = Faktor kerja sebelum kompensasi
Cos ϕ_2 = Faktor kerja sesudah kompensasi
DG = Daya kapasitor yang dipasang $Q_c KVA_r$

Untuk memperbaiki faktor kerja dapat dilakukan dengan cara: memakai kapasitor statis.

AB = 1,732 x V x I x Sin ϕ = daya reaktif

OB = 1,732 x V x I x Cos ϕ = daya aktif

$$OD = OA = \text{daya semu} = \frac{\text{daya aktif}}{\text{p.f(Cos } \phi)}$$

BF = tambahan daya aktif setelah power diperbaiki

= OF (tan ϕ_1 - tan ϕ_2)

atau Q_c = OD x cos ϕ_2 x (tan ϕ_1 - tan ϕ)

KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL
INSTALASI SUHU KELILING 30° C,
SUHU KABEL MAKSIMUM 70° C.

LUAS PENAMPANG NOMINAL	NYA DALAM PIPA INST I_{NOM}	NYM I_{NOM}	KABEL NYY ATAU NYFGbY			
			BERURAT 2		BERURAT 3 DAN 4	
			DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA
mm²	AMP	AMP	AMP	AMP	AMP	AMP
1,5	10	20	–	–	–	–
2,5	20	25	36	39	32	25
4.	25	35	47	38	41	34
6.	35	50	59	48	52	44
10	50	63	78	66	69	60
16	63	80	102	90	89	80
25	80	100	134	120	116	105
35	–	–	160	150	130	130
50	–	–	187	180	165	160
70	–	–	231	230	205	200
95	–	–	280	275	245	245
120	–	–	320	320	280	285
150	–	–	356	375	316	325
185	–	–	409	430	356	370
240	–	–	472	510	414	435
300	–	–	525	590	463	500
400	–	–	605	710	534	600

cm = Circular Mill = luas lingkaran yang berdiameter 1 Mill
= 0,001 inch.

1 cm = 0,001 mcm
= $5{,}067 \times 10^{-4}$ mm²
= $7{,}845 \times 10^{-4}$ in²

1 mm² = 1,973 mcm
= 19773 cm
= $1{,}550 \times 10^{-3}$ in²

NOMENKLATUR KABEL

KODE	ARTI	CONTOH PENGGUNAAN	
N	Kabel jenis standard dengan penghantar Cu	–	
NA	Kabel jenis standar dengan penghantar Al.	NAYFGbY	untuk instalasi dalam tanah dan di udara.
K	Kabel dengan selubung timbel	NKBA = GPLK	untuk instalasi dalam tanah.
Y	Isolasi atau selubung PVC	NYM NYA	untuk instalasi dalam gedung di ruang kering
Gb	Perisai kawat baja pipih dengan spiral pita baja.	NYFGbY	untuk instalasi dalam tanah/di udara
A	Kabel berisolasi tunggal	NYA	untuk instalasi dalam gedung.
FA	Penghantar kawat halus	NYFA, NYFAZ	untuk kabel lampu.
HY	Selubung luar bahan karet buatan.	NYMHY	untuk instalasi di udara/dalam pipa (kabel fleksibel).
J	Kabel dengan urat berwarna majemuk hijau kuning.	NYM (J)	kabel dengan kawat arde.
O	Kabel tanpa urat berwarna majemuk.	NYM (O)	kabel tanpa kawat arde.

NILAI ISOLASI KABEL INSTALASI LISTRIK PADA BANGUNAN

1. Plafond dengan konstruksi kayu: 1 K.ohm/V.
2. Plafond dengan konstruksi besi/baja: 1 Mega ohm/220 V.
   = 5 K.ohm/V.
3. Standar PLN: 1 Mega ohm/220 V = 5 K.ohm/V.

Alat untuk mengukur tahanan isolasi kabel tersebut adalah Megger.

2. PERHITUNGAN KABEL INSTALASI LISTRIK

KETENTUAN UMUM

Syarat-syarat perancangan jaringan Instalasi Listrik yang ekonomis adalah antara lain:

Flexibilitas

Jaringan harus memberi kemungkinan untuk penambahan beban, tetapi harus dalam batas ekonomis, cadangan tambahan beban yang berlebihan (over design) adalah tidak ekonomis dan merupakan pemborosan.

Kepercayaan

Jaringan instalasi harus dapat diandalkan dan dapat dipercaya, sebab pembebanan oleh peralatan listrik sering tidak dapat dikontrol.

Hal yang perlu diperhatikan adalah kualitas bahan-bahan instalasi. Kegagalan-kegagalan peralatan harus dapat diketahui secara dini agar tidak terjadi kecelakaan.

Keamanan

Jaringan Instalasi harus dirancang sesuai Peraturan Nasional yang berlaku (Peraturan Umum Instalasi Listrik) Tabung-tabung Instalasi harus mudah dicapai dan bebas hambatan/halangan fisik.

TAKSIRAN PEMBEBANAN

Untuk merancang jaringan instalasi listrik suatu gedung harus lebih dahulu menaksir beban total seluruh gedung dan menentukan lokasi transformator dan tabung-tabung instalasi. Beban total yang pasti dapat diketahui setelah perancangan lengkap selesai, tetapi ini memerlukan beberapa bulan, oleh karena itu perlu diadakan perhitungan-perhitungan Pra Rencana.

Kelompok pembebanan listrik dalam bangunan adalah sebagai berikut:

1. Pencahayaan listrik.
2. Stopkontak-stopkontak untuk peralatan rumah tangga maupun motor-motor kecil.
3. Ventilasi gedung dan Airconditioning.
4. Plumbing/Sanitair (pompa air dan lain-lain).
5. Transportasi vertikal.
6. Peralatan dapur.
7. Peralatan khusus (Laboratorium).

Kuat Arus Listrik

a. Instalasi Fasa tiga:

$$I = \frac{P}{1{,}732 \times E_l \times \text{Cox } \phi} \quad (1)$$

di mana: I = arus dalam penghantar dalam Amper
P = load (beban) yang dibutuhkan dalam Watt
E_l = Tegangan antar fasa dalam volt
Cos ϕ = faktor kerja = 0,8 - 0,9.

b. Instalasi Fasa satu:

$$I = \frac{P}{E \times \text{Cos } \phi} \quad (2)$$

Luas penampang penghantar = A

a. Instalasi Fasa tiga

$$A = \frac{1{,}732 \times \text{Cos } \phi}{\gamma \times u} \times I \times l \quad (3)$$

di mana: A = luas penampang penghantar dalam mm^2
y = daya hantar jenis penghantar.
untuk tembaga (Cu) = (50×10^6) $(ohm.m)^{-1}$
u = rugi tegangan dalam volt
I = kuat arus dalam penghantar dalam amper
l = panjang panghantar dalam meter

b. Instalasi Fasa satu

$$A = \frac{2 \times \text{Cos } \phi}{\gamma \times u} \times I \times l \quad (4)$$

Rumus (3) dan (4) umumnya digunakan untuk instalasi yang kecil (perumahan). Voltage drop (u) dapat diambil antara (1-5)% dari tegangan supply atau rata-rata = 2,5%.

TAKSIRAN BEBAN LISTRIK BANGUNAN UNTUK PRARENCANA INSTALASI

PENGGUNAAN	WATT PER M²			PERTUMBUHAN BEBAN 10 TAHUN (%)
	PENCAHAYAAN	RUPA-RUPA	AC	
AUDITORIUM				
Umum	20	–	165	30
Panggung	200	5		
Wisma seni	50	10	50	30
Bank	40	20	60	40
Kafetaria	50	10	50	30
Gereja	50	10	60	20
Komputer	40	20	150	100
TOKO SERBA ADA				
Basement	50	15		
Lantai dasar	40	10	60	75
Lantai tingkat	30	5		
RUMAH SUSUN				
0 – 300 m²	30	5	–	–
300 – 12.000 m²	20	4	–	50
Lebih dari 12.000 m²	10	2	–	–
Garasi sewa	5	2	–	–
Rumah sakit	20	10	60	60
HOTEL				
Lobby	60	5	80	
Kamar-kamar	15	5	50	50
Industri	20	20	–	100
Laboratorium	60	50	60	100
Perpustakaan	40	10	60	30
Medical Center	40	20	40	50
Motel	15	5	–	30
Perkantoran	60	20	60	60
Restoran	20	2	60	20
Sekolah	30	20	60	50
Pertokoan	50	10	50	50
Pergudangan 1	10	2	–	10
Koridor, Hall	5	–	–	–

Untuk instalasi yang besar (Kantor, Hotel, Rumah Sakit, Super Market dan lain-lain) luas penampang penghantar yang dibutuhkan dapat ditentukan sebagai berikut:

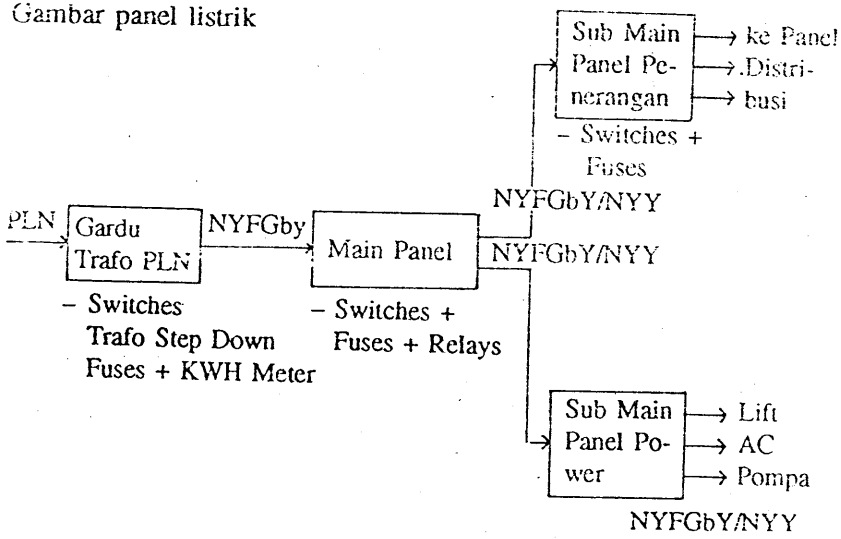
1. **Hitung kuat arus**
2. **Tentukan jenis kabel yang akan digunakan**
3. **Berdasarkan ad.1 dan ad.2 di atas lihat dari tabel besar penampang penghantar yang dibutuhkan.**

Instalasi dalam gedung dapat dibagi atas 2 bagian yaitu:

a. **Instalasi untuk penerangan**

b. Instalasi untuk power (Lift, AC, Pompa dan lain-lain)

Gambar panel listrik



Contoh perhitungan

Suatu gedung kantor dengan jumlah lantai 10 membutuhkan beban sebagai berikut:

untuk penerangan = 80 kw
untuk lift = 50 kw
untuk AC Sentral = 300 kw
untuk pompa = 5 kw

Tegangan yang digunakan 220/380 Volt dengan faktor kerja = 0,8.
Tentukan besar penampang kabel yang digunakan untuk:

- Kabel penghantar dari gardu PLN ke Main Panel.
- Kabel penghantar dari Main Panel ke Sub Main panel Penerangan.

- Kabel penghantar dari Main Panel ke Sub Panel Power.
- Kabel penghantar dari Sub Main Panel ke Panel Lift.
- Kabel penghantar dari Sub Main Panel Power ke Panel AC.
- Kabel penghantar dari Sub Main Panel Power ke Panel Pompa.

Pemecahan

Beban Total = 435 kw = 435.000 Watt

Beban untuk power = 355 kw = 355.000 Watt

Total kuat arus yang dibutuhkan,

$$I = \frac{P}{1{,}732 \times E_l \times \cos\phi} = \frac{435.000}{1{,}732 \times 380 \times 0{,}8} = 826 \text{ A}$$

Dipilih kabel NYFGbY dalam tanah.

Dari tabel tidak ada kabel yang dapat menghantar arus 826 A sehingga diambil 2 buah paralel yaitu NYFGbY 2 (4 x 240) mm².

- Kabel penghantar dari gardu PLN ke Main Panel adalah kabel tanah NYFGbY 2 (4 x 240) mm².

Kuat arus untuk instalasi penerangan,

$$I = \frac{80.000}{1{,}732 \times 380 \times 0{,}8} = 152 \text{ A}$$

Dipilih kabel NYFGbY dan dari tabel didapat NYFGbY

- Kabel penghantar dari Main Panel ke Sub Main Kabel Penerangan adalah: NYFGbY 4 x 50 mm².

Kuat arus untuk instalasi power

$$I = \frac{355.000}{1{,}732 \times 380 \times 0{,}8} = 674 \text{ A}$$

Dari tabel tidak ada kabel yang dapat menghantar arus tersebut jadi dipilih 2 bh paralel yaitu: NYFGbY 2 (4 x 185) mm²

- Kabel penghantar dari Main Panel ke Sub Main Panel instalasi power adalah kabel NYFGb Y 2 (4 x 185) mm².

Kuat arus untuk panel Lift

$$I = \frac{50.000}{1{,}732 \times 380 \times 0{,}8} = 95 \text{ A}$$

Dipilih kabel NYFGbY dalam tanah dan dari tabel didapat NYFGbY 4 x 25 mm².

- Kabel penghantar dari Sub Main Panel power ke Panel Lift adalah NYFGbY 4 x 25 mm².

Kuat arus untuk Panel AC

$$I = \frac{300.000}{1{,}732 \times 380 \times 0{,}8} = 570 \text{ A}$$

Dipilih kabel NYFGbY dalam tanah dan dari tabel didapat NYFGbY 4 x 400 mm²

- Kabel penghantar dari Sub Main Panel Power ke Panel AC adalah NYFGbY 4 x 400 mm².

Kuat arus untuk panel pompa

$$I = \frac{5.000}{1.7\text{xx} \times 380 \times 0{,}8} = 9{,}5 \text{ A}$$

Dipilih kabel NYY dalam tanah dan dari tabel didapat: NYY 4 x 2,5 mm².

- Kabel penghantar dari Sub Main Panel Power ke panel Pompa adalah NYY 4 x 2,5 mm².

INSTALASI TENAGA LISTRIK SIAGA (STANDBY POWER)

Dalam situasi serba kekurangan tenaga listrik PLN, perlu disiapkan instalasi tenaga listrik siaga/standby generator, yang untuk beberapa proyek diadakan 100% standby power seperti rumah sakit, hotel.

Umumnya, tenaga listrik siaga diadakan untuk menggerakkan sedikitnya 2 lift, penerangan umum, ventilasi mekanis, sehingga diperlukan sedikitnya 25% standby power.

Kecuali diesel generator set, diperlukan pula UPS (Uninterrupted Power Supply) untuk Ruang Komputer, ruang operasi rumah sakit, telekom, pencahayaan ruang tangga darurat, fan untuk udara tekan ruang tangga darurat dan lain-lain.

Battery kering yang digunakan lazimnya nickel-cadmium. Untuk kontinuitas suplai tenaga listrik, dipakai instalasi baterey yang besar +static inverter, ialah alat untuk merubah arus DC/searah menjadi AC/ bolak-balik.

BAB V
PENCAHAYAAN LISTRIK

TEKNIK PENERANGAN

Nama	SYMBOL	SATUAN	RUMUS	KANTOR	PERUMAHAN
Arus cahaya	ϕ	Lumen	ϕ = I x Watt		
Kuat cahaya	I	Candle	I = ϕ Watt		
Kuat penerangan	E	Lux	E = ϕ / A		
			ϕ = E X A	200-500	75-250

Jumlah Watt per m^2 untuk: Gedung Kantor/Toko = 20-40 Watt/m^2
Perumahan ..... = 10-20 Watt/m^2
Hotel ..... = 10-30 Watt/m^2
Sekolah ..... = 15-30 Watt/m^2
Rumah Sakit ..... = 10-30 Watt/m^2

Untuk sistem penerangan langsung dengan warna plafond dan dinding terang.
Coeffisien of utilization (CU) = (50-65)%
Light loss factor (LLF) = 0,7 - 0,8.

Rumus untuk perhitungan jumlah lampu

$$\text{Jumlah lampu (N)} = \frac{\text{Kuat penerangan (E) x Luas bidang kerja (A)}}{\text{Lumen lampu x LLF x CU}}$$

atau:
$$n = \frac{E \times A}{\phi \text{ lampu} \times LLF \times CU}$$

Contoh:
untuk 1 bh TL 40 Watt, jumlah lumen = 40 x 75 = 3000 lumen
untuk 4 x TL40 Watt, jumlah lumen = 4 x 3000 = 12000 lumen

CU sangat tergantung dari ρ_c, ρ_w, ρ_f

LLF tergantung dari:
- kebersihan sumber cahaya

- type tutup (kap) lampu
- penyusutan cahaya dari permukaan lampu
- dan lain-lain.

CONTOH PERHITUNGAN

Suatu ruangan kantor dengan ukuran 20 x 10 x 3 m direncanakan memakai TL 4 x 40 Watt dengan kuat penerangan E = 300 lux. *Hitung,* jumlah lampu dan daya listrik yang dibutuhkan.

PENYELESAIAN

- Dari tabel, untuk TL 40 Watt besar lumen = 40 x 75 = 3000 lumen. untuk 4 bh TL 40 Watt = 4 x 3000 = 12,000 lumen.
  Dipilih CU = 60% dan
  LLF = 0,8
- Jumlah lampu yang dibutuhkan = $\frac{E \times A}{Q_{lampu} \times Cu \times LLF}$
  $= \frac{300 \times 200}{12000 \times 0{,}6 \times 0{,}8} = 10{,}4$
  Jadi n = 11 bh 4 x TL 40 Watt
- Pemakaian watt untuk lampu TL 40 Watt termasuk ballast = 50 Watt
  Jumlah beban dari lampu = 11 x 4 x 50 Watt = 2200 Watt
- Untuk stopkontak peralatan kantor diperhitungkan 20% dari beban lampu = 20% x 2200 Watt = 440 Watt.
- Total kebutuhan watt = 2200 + 440 = 2640 Watt
  atau: Watt/m^2 = $\frac{2640}{200}$ = 13,4
- Untuk perumahan, jumlah stopkontak diperhitungkan masing-masing 1 (satu) buah @ 100 Watt pada: kamar tidur, ruang tamu dan dapur.

Catatan:
- Daya cadangan listrik (Diesel GenSet) harus dapat melayani emergency load.

$$\text{Cavity Ratio (CR)} = \frac{2{,}5 \times \text{area of cavity wall}}{\text{area of work plane}}$$

atau: $CR = 5h \times \frac{L + W,}{L + W}$ di mana: L = length
W = width
h = height

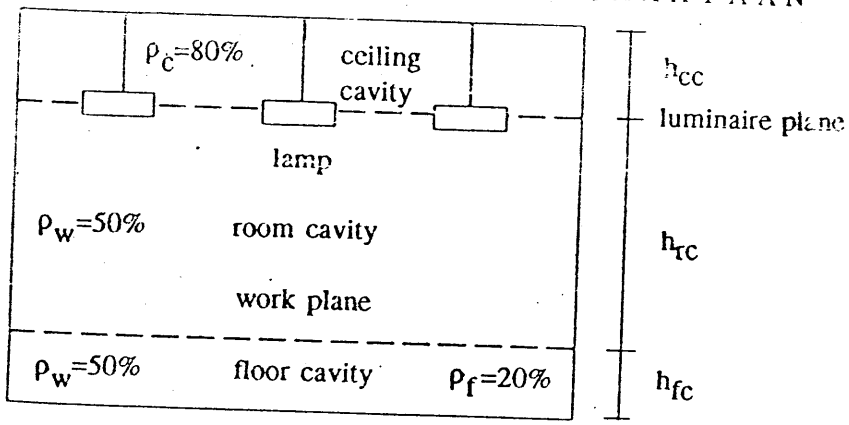
Ceiling Cavity Rati (CCR) = $5h_{cc} \times \frac{L + W}{L \times W}$

Room Cavity Ratio (RCR) = $5h_{rc} \times \frac{L + W}{L \times W}$

Floor Cavity Ratio (FCR) = $5h_{fc} \times \frac{L + W}{L \times W}$

p = percentage pantulan, tergantung dari warna plafond, dinding dan bidang kerja.

SKEMA RANCANGAN PENCAHAYAAN



TYPE SISTEM PENERANGAN

1. Direct lighting (penerangan langsung)	90 – 100%
2. Semi direct lighting (setengah langsung)	80 %
3. Direct-indirect lighting (kombinasi)	40 – 60%
4. Semi indirect lighting (setengah tidak langsung)	60 – 90%
5. Indirect lighting (tidak langsung)	60%

DATA BEBERAPA SUMBER CAHAYA

Sumber cahaya (lampu)	Lumen/Watt	Umur rata-rata (Jam)	Penggunaan
1. Pijar	11 - 18	1000	indoor and outdoor
2. TL ic.ballast	50 - 80	9000-1800	indoor and outdoor
3. Halogen	16 - 20	1000	outdoor lampu-lampu untuk lapangan tenis
4. Mercury (ic.ballast)	30 - 60	16000	outdoor (lampu jalan taman dan lain-lain)
5. Halide	80 - 100	7500-15000	untuk lampu-lampu sorot
6. Sodium	120 - 140	16000-24000	untuk lampu-lampu jalan

Catatan:
Indoor bisa untuk gedung kantor, perumahan, hotel, rumah sakit dan lain-lain.

KEGIATAN	ILUMINASI (LUX)
BANGUNAN UMUM	
BIOSKOP:	
Auditorium	50
Foyer/hall	150
TEATER/KONSERT:	
Auditorium	100
Foyer	200
GEREJA:	
Jemaah	100
Paduan suara	150
HOTEL/WISMA:	
WISMA	

KEGIATAN	ILUMINASI (LUX)
Ruang tidur	
Umum	50
Pencahayaan kepala	00
Kamar mandi	
Umum	100
Cukur, Rias	500
RUMAH TINGGAL:	
Umum	100
Baca/jahit	500
Tangga	
Dapur	
Umum	300
Kerja	500
Ruang kerja	300
Pengemongan	150
HOTEL:	
Serambi masuk	300
Ruang makan	200
Dapur	500
Kamar tidur/mandi	
Umum	100
Lokal	300
RUPA-RUPA DALAM GEDUNG	
Sirkulasi, Koridor, Tangga dalam pabrik	150
Luar gedung	
Pintu keluar - masuk	30
Lorong pabrik	50
Dermaga	100
Bengkel	200
PABRIK ROTI:	
Ruang kerja umum	300

Catatan:
1 Kandela/kaki persegi = 10 Lux.

KEGIATAN	ILUMINASI (LUX)
Dekorasi	500
Pabrik bier	300
Pengalengan & pengawetan	500
PABRIK KIMIA	
Ruang pabrik	200
Pencampuran	300
Injeksi	500
Kontrol	500
Laboratorium	750
Pencampuran warna	1000
PABRIK COKLAT	
Ruang kerja	300
Dekorasi/inspeksi	500
PABRIK SUSU	
Pembotolan susu	300
INDUSTRI LISTRIK	
Penggulungan klimmran	500
PERAKITAN	
Halus	1500
Sangat halus	2000
Inspeksi	1000
PENGECORAN	
Cor/cetak	300
Inspeksi	500
PABRIK GELAS	
Pencampuran	200
Pencetakan	300
Dekorasi	500
Pengguratan	750

KEGIATAN	ILUMINASI (LUX)
PABRIK KULIT	
Pres/pelicinan	750
Potong/jahit	1000
Penyortiran	1500
PABRIK MESIN	
Tekuk/las	300
Pekerjaan mesin	500
Pekerjaan halus	750
Sangat halus	1000
Presisi	2000
PABRIK KERTAS	
Pembuat kertas kardus	300
PABRIK KERAMIK	
Pembakaran	200
Cetak/pres	300
Dekorasi/enamel	750
PERCETAKAN	
Penjilidan	500
Komposisi manual	750
Penyelesaian akhir	1000
PABRIK TEXTIL	
Penyebaran	300
Pemintalan	500
Tenun biasa	750
Tenun halus	1000
Inspeksi	1500
PERGUDANGAN	
Gudang	150
Pengepakan	300
PABRIK KAYU	
Gergaji/potong	200

KEGIATAN	ILUMINASI (LUX)
Pertukangan kasar	300
Pertukangan sedang	500
Penyelesaian/inspeksi	750
KANTOR/SEKOLAH	
Kantor	300
Ruang konferensi	
KANTOR UMUM	
Biasa	500
Ruang dalam	1000
Ruang gambar	1000
TOKO	
Toko konvensional	300
Swalayan	500
Super market	750
Ruang pamer	500
MUSEUM, WISMA SENI	
Umum	
Benda pameran peka cahaya	150
Tidak peka cahaya	300

BAB VI
INSTALASI PENANGKAL PETIR

Petir ialah suatu gejala listrik di atmosfir yang timbul bila terjadi banyak kondensasi dari uap air dan ada arus udara naik yang kuat.

Instalasi Penangkal Petir, ialah instalasi suatu sistem dengan komponen-komponen dan peralatan-peralatan yang secara keseluruhan berfungsi untuk menangkap petir dan menyalurkannya ke tanah, sehingga semua bagian dari bangunan beserta isinya atau benda-benda yang di indunginya terhindar dari bahaya sambaran petir.

Terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut:

1. Penghantar di atas tanah, ialah penghantar yang dipasang di atas atap sebagai penangkap petir, berupa elektroda logam yang dipasang tegak dan elektroda logam yang dipasang mendatar.
2. Penghantar pada dinding atau di dalam bangunan, sebagai penyalur arus petir ke tanah yang terbuat dari tembaga, baja galvanish atau aluminium.
3. Elektroda-elektroda tanah, antara lain:
   a. Elektroda pita (strip), yang ditanam minimum 0,5–1 m dari permukaan tanah.
   b. Elektroda batang, dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan tegak lurus dalam tanah sedalam ± 2 m.
   c. Elektroda pelat, ditanam minimum 50 cm dari permukaan tanah.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan dan memasang sistem penangkal petir adalah:

Keamanan secara teknis, tanpa mengabaikan faktor keserasian Arsitektur, perhatian utama harus ditujukan kepada diperolehnya nilai perlindungan terhadap sambaran petir yang efektif.
Penampang hantaran-hantaran pentanahan yang digunakan.
Ketahanan mekanis.
Ketahanan terhadap korosi.
Bentuk dan ukuran bangunan yang dilindungi.
Faktor ekonomis.

TEMPAT-TEMPAT YANG TAK TERHINDAR DARI SAMBARAN PETIR

- Tempat yang basah dan berair.
- Tempat terbuka (seperti lapangan).
- Pohon-pohon yang tinggi.
- Daerah pinggiran hutan.
- Bangunan yang tinggi yang tidak dilengkapi dengan instalasi penangkal petir.
- Trasnsformator pada gardu induk listrik.

TEMPAT-TEMPAT YANG TERHINDAR DARI SAMBARAN PETIR, ANTARA LAIN:

- Bangunan yang dilengkapi dengan instalasi penangkal petir.
- Kendaraan yang mempunyai karoseri baja.
- Dalam hutan yang pohon-pohonnya hampir sama tinggi.

TABEL TENTANG PENGARUH ARUS LISTRIK PADA BADAN MANUSIA

Kuat arus yang mengalir melalui badan	Pengaruh pada organ badan manusia	waktu tahan	Tegangan pada bagian-bagian yang ditanahkan, jika R-pentanahan = 5000 ohm.
0,5 mA	terasa mulai kaget	tidak tentu	2,5 V
1 mA	terasa jelas	tidak tentu	5 V
2 mA	mulai kejang	tidak tentu	10 V
5 mA	kejang keras	tidak tentu	25 V
10 mA	sulit untuk melepaskan pegangan	tidak tentu	50 V
15 mA	kejang dengan rasa nyeri, tidak mungkin melepaskan pegangan	15 sekon	75 V
20 mA	nyeri berat	5 sekon	100 V
30 mA	nyeri yang tak tertahankan	1 sekon	150 V
40 mA	mulai tidak sadar, bahaya maut	0,2 sekon	200 V

Arus listrik antara 15-30 mA sudah dapat mengakibatkan kematian, karena sudah sulit untuk melepaskan pegangan.

Tahanan kulit manusia:
untuk kulit kering ± 100-500 K.ohm untuk kulit basah, misalnya karena keringat dapat turun menjadi 1 k.ohm.

Tegangan arus bolak-balik yang dianggap aman adalah 50 Volt nominal ke bawah.

JENIS BAHAN UKURAN TERKECIL DARI INSTALASI PENANGKAL PETIR

No.	Nama Komponen	Jenis bahan	Bentuk	Ukuran terkecil
1.	Penangkap petir:			
1.1	Penangkap tegak	Tembaga	silinder pejal	Ø 10 mm
		Baja galv.	pita pejal	25 mm x 3 mm
			pipa silinder pejal	Ø 1"
			pipa pejal	25 mm x 3 mm
1.2	Batang tegak	Tembaga	silinder pejal	Ø 8 mm
			pita pejal	25 mm x 3 mm
		Baja galv.	silinder pejal	Ø 8 mm
			pita pejal	25 mm x 3 mm
1.3.	Penangkap datar	Tembaga	silinder pejal	Ø 8 mm
			pita pejal	25 mm x 3 mm
			pilin	50 mm2
		Baja galv.	silinder pejal	Ø ½"
			pita pejal	25 mm x 4 mm
2.	Penghantar	Tembaga	silinder pejal	Ø 8 mm
			pita pejal	25 mm x 3 mm
			pilin	50 mm
		Baja galv.	silinder pejal	Ø 8 mm
			pita pejal	25 mm x 3 mm
3.	Elektroda Pentanahan	Tembaga	silinder pejal	Ø ½"
			pita pejal	25 mm x 4 mm
		Baja galv.	silinder pejal	Ø ½"
			pita pejal	25 mm x 4 mm

PETIR INDONESIA = 200.000 AMPER

BAB VII
PENCEGAHAN DAN PENANGGULANGAN BAHAYA KEBAKARAN

Bahaya Kebakaran adalah bahaya yang ditimbulkan oleh adanya nyala api yang tidak terkendali, sehingga dapat mengancam keselamatan jiwa manusia manupun harta benda. Nyala api adalah reaksi: dari bahan bakar, panas dan oksigen O_2.

Bahan yang mudah terbakar:
- Benda padat: kayu, kertas, plastik dan sebagainya.
- Benda cair: bensin, spiritus dan sebagainya.
- Gas: asetelin, LNG dan sebagainya.

Pencegahan bahaya kebakaran berarti segala usaha yang dilakukan agar tidak terjadi penyalaan api yang tidak terkendali.

Sumber panas yang dapat menimbulkan kebakaran:
- Sinar matahari, dapat menyebabkan kebakaran hutan.
- Listrik, karena korsleting.
- Panas yang berasal dari energi mekanik, karena gesekan benda-benda sehigga dapat terjadi loncatan bunga api.
- Panas yang berasal dari reaksi kimia, di gudang-gudang bahan kimia.

Panas yang berasal dari sumber-sumber tersebut di atas dapat berpindah dengan cara:
- Radiasi; yaitu perpindahan panas yang memancar ke segala arah.
- Konduksi, yaitu perpindahan panas melalui benda (perambatan panas).
- Konveksi, yaitu perpindahan panas yang menyebabkan perbedaan tekanan udara.
- Loncatan bunga api, yaitu suatu reaksi antara energi panas dengan udara (O_2).

Sistem pemadaman
- Penguraian, yaitu memisahkan atau menjauhkan benda-benda yang dapat terbakar.
- Pendinginan, yaitu penyemprotan air pada benda-benda yang terbakar.

- Isolasi atau sistem lokalisasi, yaitu dengan cara menyemprotkan bahan kimia CO_2.
- Blasting effect system, yaitu dengan cara memberikan tekanan yang tinggi misalnya dengan jalan meledakkan bahan peledak.

KELAS, SISTEM DAN BAHAN PEMADAM KEBAKARAN

No.	Kelas kebakaran	Sistem pemadaman	Bahan-pemadaman				
			Air	Foam (Busa)	CO_2	CTF-BCF	Powder Dry-Chemical
1.	Kelas A: kayu, karet tekstil dan lain-lain	pendinginan, penguraian, isolasi	Baik	Boleh	Boleh	Boleh	Boleh
2.	Kelas B: bensin, cat, minyak dan lain-lain	Isolasi	Bahaya	Baik	Baik	Boleh	Boleh
3.	Kelas C: Listrik dan atau mesin-mesin	Isolasi	Bahaya	Bahaya	Baik	Boleh	Baik
4.	Kelas D: logam	Isolasi pendinginan	Bahaya	Bahaya	Boleh	Bahaya	Baik

BCF = Bromide, Clorine, Fluorine adalah jenis gas Halon
Bahan pemadam api CO_2 = carbon dioxida.

Prosentage CO_2 yang diperlukan untuk ruangan yang memakai sistem otomatis.

No.	Tingkat bahaya	Prosentage CO_2	Volume CO_2	Berat CO_2 per m^3
1.	Berbahaya	40%	40% x Volume ruangan	0,8 kg
2.	Cukup berbahaya	30%	30% x Volume ruangan	0,6 kg

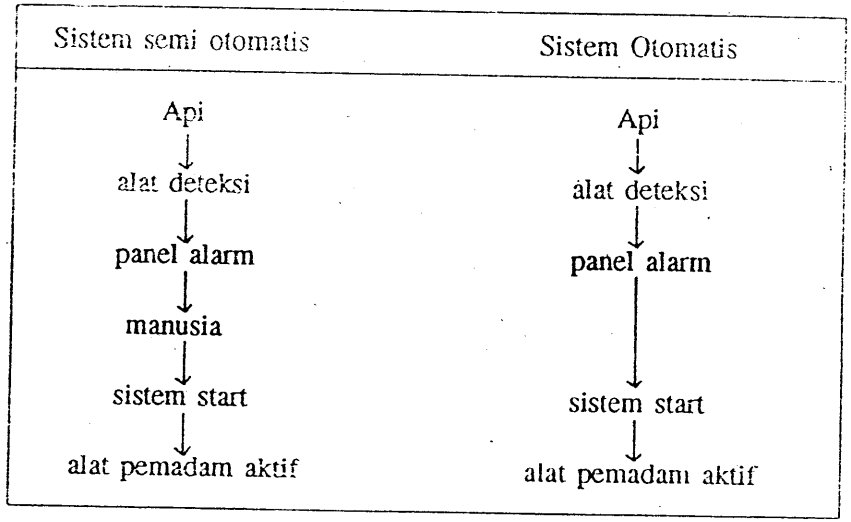
INSTALASI PEMADAM API TETAP CO_2

Bahan pemadam CO_2 adalah bahan yang efektif digunakan untuk pemadaman kebakaran kelas C, misalnya di ruangan-ruangan mesin/ listrik, gudang-gudang peralatan mesin dan sebagainya.
Banyak CO_2 yang disiapkan atau jumlah tabung-tabungnya adalah seperti tabel.

PERALATAN PEMADAM API INSTALASI TETAP

Sistem deteksi awal bahaya (Early Warning Fire Detection), yang secara otomatis memberikan alarm bahaya atau langsung mengaktifkan alat pemadam. Dibagi atas dua bagian yaitu sistem otomatis dan sistem semi otomatis.

CARA KERJA (OPERASONAL) PEMADAM INSTALASI TETAP



Pada sistem otomatis, manusia hanya diperlukan untuk menjaga kemungkinan lain yang terjadi.

Sistem deteksi awal terdiri dari:
- *Alat deteksi asap (Smoke Detector)*
  Mempunyai kepekaan yang tinggi dan akan memberikan alarm bila terjadi asap di ruang tempat alat itu dipasang.
- *Alat deteksi nyala api (Flame Detector)*
  Dapat mendeteksi adanya nyala api yang tidak terkendali dengan cara menangkap sinar ultra violet yang dipancarkan nyala api tersebut.

ALAT DETEKSI PANAS (HEAT DETECTOR)

Dapat membedakan adanya bahaya kebakaran dengan cara membedakan kenaikan temperatur (panas) yang terjadi di ruangan. Prinsip kerja deteksi awal adalah sebagai berikut: Akibat dari bekerjanya alat-alat deteksi asap, deteksi nyala api maupun deteksi panas tersebut di atas, suatu sinyal listrik dikirimkan ke panel kontrol alarm bahaya, sebagai input data yang akan diolah lebih lanjut.

Panel kontrol alarm bahaya, merupakan unit pengontrol yang akan mengadakan pengolahan, seleksi dan evaluasi data. Hasilnya merupakan suatu output yang berisi informasi tentang lokasi kebakaran (bisa disebutkan berupa nomor ruangan) sehingga petugas dapat mengetahui lokasi kebakaran. Output tersebut juga secara otomatis mengaktifkan peralatan di pusat alarm (berupa alarm, lampu, telpon dan sebagainya). Setelah alarm bahaya berbunyi dan lokasi kebakaran diketahui maka petugas dapat segera bertindak.

Bila pada lokasi kebakaran sudah dilengkapi dengan pemadam api otomatis, maka sinyal dari unit kontrol dapat langsung mengaktifkan peralatan tersebut (misalnya sprinkler otomatis).

INSTALASI PEMADAM API TETAP CO_2

Bahan pemadam CO_2 adalah bahan yang efektif digunakan untuk pemadam kebakaran kelas C, misalnya di ruangan-ruangan mesin/listrik, gudang-gudang peralatan mesin dan sebagainya. Banyak CO_2 yang disiapkan atau jumlah tabungnya adalah seperti pada tabel (sudah diberikan).

Peralatannya terdiri dari:

- Alat deteksi bahaya kebakaran
- Panel kontrol
- Alarm
- Tabung-tabung utama pemadam CO_2, berisi bahan CO_2 cair dan bertekanan yang dihubungkan satu sama lain dengan pipa, yang kemudian dihubungkan lagi dengan Nozzle Pengeluaran yang akan memancarkan semua isi tabung utama setelah sistem otomatisasi pemadam dijalankan.

  Tabung start CO_2 terdiri dari 2-3 tabung, yang berfungsi untuk menstart tabung-tabung utama dengan cara memberikan tekanan gas yang cukup besar sehingga katup-katup pengeluaran terbuka dan bahan pemadam CO_2 memancar ke luar melalui Nozzle pengeluaran. Tabung CO_2 ini dilengkapi dengan peralatan elektronis.

Catatan

Cara kerja ad.1, 2 dan 3 sudah diberikan pada halaman-halaman sebelumnya.

INSTALASI PEMADAM TETAP GAS HALON

Pemadam Halon adalah bahan yang terdiri dari beberapa unsur kimia. Prinsip kerja pemadamannya sama dengan pemadam CO_2 yaitu dengan cara isolasi oksidasi. Sistem startnya juga menggunakan CO_2 dan dikendalikan dari panel kontrol. Cara pengoperasiannya sama dengan pemadam CO_2.

Gas Halon terdiri dari Carbon(C), Fluorine(C1), Bromide(Br) dan Iodine. Gas Halon dibuat dari 2 atau lebih unsur-unsur di atas dan ada bermacam-macam type tergantung bahan kimia yang digunakan dan masing-masing type dibedakan sesuai dengan kode angkanya. Misalnya: Halon 1301, ini berarti: Empat angka di belakang menunjukkan unsur-unsur kimia yang digunakan sebagai berikut:

- Angka pertama (1) = unsur Carbon (C)
- Angka kedua (2) = unsur Fluorine dan angka tiga menunjukkan jumlah atomnya (F13)
- Angka ketiga (0) = unsur Chlorine (1), pada contoh di atas angka 0 berarti tidak mengandung Chlorine.
- Angka keempat (1) = unsur Bromide (Br).

Halon 1211 terdiri dari: Carbon(C), Fluori(FL2), Chlorine (C) dan Br dinakakan: Bromo Chloro difluoro methane = BCF, Halon 1001 berarti hanya menggunakan 2 unsur, yaitu Carbon dan Bromide = CBr. Bila kodenya terdiri dari 5 angka, maka angka kelima menunjukkan unsur Iodine. Halon 104 terdiri dari: Carbon dan Chlorine + Carbon tetrachlorida. Power Dry Chemical terdiri dari serbuk kimia. Sodium Bicarbonate atau Natrium Bicrbonate dengan CO_2 atau Nitrogen.

CONTOH PERHITUNGAN KEBUTUHAN CO_2

Suatu ruangan kamar mesin yang mempunyai volume 150 m^3 direncanakan akan dipasang pemadam CO_2 sistem otomatis. Berapa banyak CO_2 yang akan diperlukan agar keamanan ruangan itu terjamin dari ancaman kebakaran?

Jawab:

Volume CO_2 yang diperlukan = 40% x 150 m3 = 60 m^3

Jumlah CO_2 = 60 x 0,8 kg = 48 kg.

INSTALASI SPRIKLER OTOMATIS

Sprikler adalah suatu alat semacam nozzle (penyemprot) yang dapat memancarkan air secara pengabutan (Fog) dan bekerja otomatis. Bahan pemadamnya adalah air, maka instalasi sprikler khusus digunakan untuk pemadam kebakaran Kelas A (kayu, kertas, plastik dan lain-lain).

PEMADAM POWDER (DRY CHEMICAL) OTOMATIS

Powder Dry Chemical atau serbuk kimia kering adalah bahan pemadam yang serbaguna. Dapat dipakai untuk memadamkan kebakaran Kelas A B dan C. Alat deteksinya adalah cara pendeteksian panas yang merupakan gabungan dari sistem deteksi panas dengan sistem mekanis alat pemadam portable.

Alat ini akan bekerja secara otomatis menyemprotkan bahan Dry Chemical bila terjadi kebakaran dan temperatur ruangan mencapai 72°C. Berat kotor = 5 kg sedang berat serbuk kimianya sendiri = 3,5 kg. Waktu yang dibutuhkan untuk pendeteksian = 2-3 detik dan waktu pemancaran = ± 10 detik.

Pemasangan adalah di langit-langit ruangan pada ketinggian 2-2,5 m di atas peralatan yang kemungkinan besar dapat menjadi sumber api

Jangkauan pemadaman ± 9 m.

LAMPIRAN TABEL DAN GAMBAR

TAKSIRAN BEBAN AIRCONDITIONING

RUANG	m^2/TR
Kantor besar (Bagian pinggir)	22,5 - 27,5
Kantor besar (Bagian dalam)	30 - 35
Kantor kecil	32,5 - 37,5
Apartemen	35 - 45
Kelas sekolah	22,5 - 27,5
Pertokoan	20 - 25
Pasien rumah sakit	25 - 30
Tamu hotel	25 - 30
Auditorium (TR/Kursi)	0,05 - 0,02
Bank (Ruang utama)	20 - 25
Pabrik (pekerjaan halus)	25 - 30
Gereja (TR/Kursi)	0,04 - 0,06
Bowling (TR/Alley)	1,5 - 2,5
Motel	40 - 50
Perumahan	50 - 70
Pertokoan khusus	17,5 - 22,5
Swalayan	25 - 35
Cocktail Lounge	15 - 20
Medical Center	25 - 30
Kantor telepon	15 - 30
Komputer	5 - 15
Restoran	10 - 25

KECEPATAN KELUAR YANG DISARANKAN

APLIKASI	KECEPATAN KELUAR (m/s)
Tempat tinggal, apartemen, gereja, kamar tidur di hotel, kantor pribadi	2,5 - 3,75
Studio siaran radio	1,5 - 2,5
Gedung Umum	5,0 - 6,25
Gedung bioskop	5,0
Gedung lantai atas	7,5
Gedung lantai utama	10,0

KECEPATAN UDARA MASUK LUBANG ISAP YANG DISARANKAN

Lokasi lubang isap (dengan terali)	Kecepatan melalui lubang isap (berdasarkan groos area), m/s
Di atas daerah yang dipakai (occupied zone)	4 ke atas
Dalam daerah yang dipakai	
agak jauh dari tempat duduk	3 - 4
dekat tempat duduk	2 - 3
Pintu atau dinding	1 - 1,5
Bagian bawah dari pintu	1 - 1,5

KECEPATAN MAXIMUM DALAM SALURAN YANG DIRENCANAKAN

Aplikasi	Saluran keluar		Saluran isap (kembali) m/s
	Saluran peti	Saluran cabang	
Tempat tinggal	4	3	3
Apartemen dan kamar tidur hotel	7,5	5,5	5
Gedung bioskop	8	6,0	6
Kantor pribadi - mewah	-	5,5	4
Kantor pribadi - rata-rata	-	6,5	5
Kantor umum	11	7,0	6
Restoran	9	7,0	6
Toko kecil		7,5	6
Toko serba ada-lantai bawah	10	8,0	6
Toko serba ada-lantai atas	9	7,2	6

KONDISI TEMPERATUR DAN KELEMBABAN UNTUK PENYEGARAN UDARA INDUSTRI

INDUSTRI	PROSES	Musim Panas		Musim dingin	
		Tempe-ratur (C)	Kelem-baban relf (%)	Tempe-ratur (C)	Kelem-baban relatif (C)
Percetakan	Mencetak	24-27	45-50	24	45-40
Optika	Menggosok	27	80	27	80
Fotografi	Membuat film	23-24	40-65	23-24	40-65
	Mencuci film	21-24	60	21-24	60
Bir	Membuat bir	4-8	50-70	4-8	50-70
Gula-gula	Membuat manisan	18-27	35-50	18-24	35-50
Gula-gula	Menyimpan manisan	16-24	45-55	16-24	45-55
Gula-gula	Membuat coklat	18	45-50	18	45-50
Gula-gula	Menyimpan coklat	16-24	40-50	16-21	40-50
Farmasi	Membuat obat	21-27	10-50	21-27	10-50
Pecah belah (dari tanah)	Membentuk	27	60	27	60
Mesin	Mesin pembuat roda gigi	24-27	50-60	24	45-50
Mesin					
Listrik	Alat listrik	24-26	50-55	24-26	50-55
Listrik	Mengisolasi	21-24	30-40	21-24	30-40
Rokok	Membuat rokok	21-27	55-65	21-27	55-65
Pemintalan (lepas)	Menganyam	24-27	50-60	21-24	50-60
Pemintalan (lepas)	Memintal	24-27	50-60	21-24	50-60
Pemintalan (sutera)	Menganyam	24-27	60-65	24-27	60-65
Pemintalan (sutera)	Memintal	24-27	65-70	24-27	65-70
Pemintalan (sutera)	Menenun	24-27	60-70	21-24	60-70
Pemintalan (wol)	Memintal	24-27	65	27	65
Pemintalan (wol)	Menenun	24-27	50-55	21-24	50-55

LUAS PENAMPANG HANTARAN NOMINAL

1	2	3	4	5
KABEL TEMBAGA FLEKSIBEL, LEBIH FLEKSIBEL DAN SANGAT FLEKSIBEL	PENGHANTAR TEMBAGA ALUMINIUM KABEL DAN KABEL TANAH INSTALASI TETAP		HANTARAN UDARA	
	BULAT	BENTUK SEKTOR	TEMBAGA TELANJANG	ALUMINIUM DAN CAMPURAN ALUMINIUM TELANJANG
mm²	mm²	mm²	mm²	mm²
0,5	–	–	–	–
0,75	–	–	–	–
1,0	1,0	–	–	–
1,5	1,5	–	–	–
2,5	2,5	–	–	–
4	4	–	–	–
6	6	–	6	–
10	10	10	10	–
16	16	16	16	16
25	25	25	25	25
35	35	35	35	35
50	50	50	50	50
70	70	70	70	70
95	95	95	95	95
120	120	120	120	120
150	150	150	150	150
185	185	185	185	185
240	240	240	240	240
300	300	300	300	300
400*)	400	400	400	400
500**)	500	500	500	500
–	630	630	–	625
–	800	–	–	800
–	1000	–	–	1000

Sumber: PUIL 1977

*) Tidak digunakan untuk kabel sangat fleksibel
**) idem

KEMAMPUAN HANTAR ARUS TERUS MENERUS KABEL INSTALASI BERISOLASI PVC TUNGGAL DENGAN PENGHANTAR TEMBAGA (NYA, NYAF DAN SEBAGAINYA) DAN PENGAMANNYA, PADA SUHU KELILING 30°C DENGAN SUHU PENGHANTAR MAKSIMUM 70°C.

1	2	3	4	5
LUAS PENAMPANG NOMINAL KABEL	UNTUK PEMASANGAN DALAM PIPA INSTALASI		UNTUK PEMASANGAN DI UDARA PADA ISOLATOR	
	KEMAMPUAN HANTAR ARUS MAKSIMUM KABEL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS NOMINAL MAKSIMUM PENGAMAN	KEMAMPUAN HANTAR ARUS MAKSIMUM KABEL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS NOMINAL MAKSIMUM PENGAMAN
mm^2	A	A	A	A
1	11	10	19	20
1,5	15	16	24	25
2,5	20	20	32	35
4	25	25	42	50
6	33	35	54	63
10	45	50	73	80
16	61	63	98	100
25	83	80	129	125
35	103	100	158	160
50	132	125	197	200
70	165	160	245	250
95	197	200	290	300
120	235	250	345	355
150	–	–	390	425
185	–	–	445	425
240	–	–	525	500
300	–	–	605	600
400	–	–	725	710
500	–	–	825	850

Sumber: PUIL 1977

KEMAMPUAN HANTAR ARUS TERUS-MENERUS KABEL INSTALASI BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC DENGAN PENGHANTAR TEMBAGA (NYM DAN SEBAGAINYA) DAN KABEL FLEKSIBEL SERTA PENGAMANNYA PADA SUHU KELILING 30° DENGAN SUHU PENGHANTAR MAKSIMUM 70°C.

1	2	3
LUAS PENAMPANG NOMINAL KABEL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS MAKSIMUM KABEL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS NOMINAL MAKSIMUM PENGAMAN
mm^2	A	A
1,5	19	20
2,5	25	25
4	34	35
6	44	50
10	61	63
16	82	80
25	108	100
35	134	125
50	167	160
70	207	224
95	249	250
120	291	300
150	334	355
185	380	355
240	450	425
300	520	500

Sumber: PUIL 1977

FAKTOR KOREKSI UNTUK KEMAMPUAN HANTAR ARUS TERUS-MENERUS KABEL INSTALASI BERURAT TUNGGAL ATAU BANYAK DAN KABEL FLEKSIBEL DENGAN SUHU PENGHANTAR MAKSIMUM 70°C SUHU KELILING 30°C SAMPAI DENGAN 55°C

1	2	3
SUHU KELILING t°C	% DARI KEMAMPUAN HANTAR ARUS MENURUT TABEL 4,2 DAN TABEL 4,3	
	BAHAN ISOLASI PVC	BAHAN ISOLASI KARET
$< t \leqslant 30$	100	98
$30 < t \leqslant 35$	94	90
$35 < t \leqslant 40$	87	80
$40 < t \leqslant 45$	80	69
$45 < t \leqslant 50$	71	56
$50 < t \leqslant 55$	62	40

Sumber: PUIL 1977

FAKTOR KOREKSI UNTUK KEMAMPUAN HANTAR ARUS TERUS-MENERUS INSTALASI BERURAT TUNGGAL ATAU BANYAK DAN KABEL FLEKSIBEL DARI BAHAN KHUSUS TAHAN PANAS SUHU KELILING DI ATAS 55°C.

1	2	3
SUHU KELILING t°C		% DARI KEMAMPUAN HANTAR ARUS MENURUT TABEL 4.2 DAN TABEL 4.3
HANTARAN DENGAN BATAS SUHU 100°C	HANTARAN DENGAN BATAS SUHU KERJA 180°C	
$55 < t \leqslant 65$	$55 < t \leqslant 145$	100
$65 < t \leqslant 70$	$145 < t \leqslant 150$	92
$70 < t \leqslant 75$	$150 < t \leqslant 155$	85
$75 < t \leqslant 80$	$155 < t \leqslant 160$	75
$80 < t \leqslant 85$	$160 < t \leqslant 165$	65
$90 < t \leqslant 90$	$165 < t \leqslant 170$	53
$90 < t \leqslant 95$	$170 < t \leqslant 175$	38

Sumber: PUIL 1977

KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL TANAH BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC DENGAN PENGHANTAR TEMBAGA (NYY, NYFGbY DAN SEBAGAINYA) TEGANGAN KERJA MAKSIMUM 1,8 kV ARUS SE ARAH UNTUK KABEL BERURAT TUNGGAL DAN 0,6/1 kV SISTEM FASA-TIGA UNTUK KABEL BERURAT DUA, TIGA DAN EMPAT SUHU KELILING 30°C, SUHU PENGHANTAR MAKSIMUM 70°C. TAHANAN PANAS JENIS TANAH 100° CM/WATT.

1	2	3	4	5	6	7
LUAS PENAMPANG NOMINAL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL					
	BERURAT TUNGGAL		BERURAT DUA		BERURAT 3 DAN 4	
	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA
mm^2	A	A	A	A	A	A
1,5	33	26	27	21	24	18
2,5	45	35	36	29	32	25
4	58	46	47	38	41	34
6	74	58	59	48	52	44
10	98	80	78	66	69	60
16	129	105	102	90	89	80
25	169	140	134	120	116	105
35	209	175	160	150	138	130
50	249	215	187	180	165	160
70	312	270	231	230	205	200
95	374	355	280	275	245	245
120	427	390	320	320	280	285
150	481	445	356	375	316	325
185	552	510	409	430	356	370
240	641	620	472	510	414	435
300	730	710	525	590	463	500
400	854	850	605	710	534	600
500	988	1000	–	–	–	–

Sumber: PUIL 1977

Catatan:
Tabel ini berlaku untuk satu kabel yang ditanam langsung dalam tanah dengan beban normal, dan untuk satu kabel yang dipasang bebas di udara dengan beban penuh.

KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL TANAH BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC DENGAN PENGHANTAR ALUMINIUM (NAVY, NAYRGbY DAN SEBAGAINYA) TEGANGAN KERJA MAKSIMUM 1,8 KV ARUS SEARAH UNTUK KABEL BERURAT TUNGGAL DAN 0.6/1 KV SISTEM FASA-TIGA UNTUK KABEL BERURAT DUA, TIGA DAN EMPAT. SUHU KELILING30°C CM/W.

1	2	3	4	5	6	7
LUAS PENAMPANG NOMINAL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL					
	BERURAT TUNGGAL		BERURAT DUA		BERURAT 3 DAN 4	
	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA
mm^2	A	A	A	A	A	A
4	45	36	36	29	32	26
6	57	45	45	37	40	34
10	76	62	61	51	53	46
16	102	82	79	70	69	62
25	134	110	102	94	89	82
35	160	135	125	115	107	100
50	191	165	147	140	129	125
70	240	210	178	180	156	155
95	289	260	218	215	191	190
120	334	300	245	250	218	220
150	374	350	280	290	245	250
185	427	400	316	335	276	285
240	498	480	369	395	320	340
300	570	550	414	460	365	390
400	659	660	481	550	418	460
500	765	780	–	–	–	–

Sumber: PUIL 1977

Catatan:
Tabel ini berlaku untuk satu kabel yang ditanam langsung dalam tanah dengan beban normal, dan untuk satu kabel yang dipasang bebas di udara dengan beban penuh.

FAKTOR KOREKSI UNTUK PENENTUAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS TANAH BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC DENGAN LIMA URAT ATAU LEBIH (NYY, NAVY, NAYFGbY DAN SEBAGAINYA) UNTUK LUAS PENAMPANG NOMINAL PENGHANTAR SAMPAI DENGAN 10 MM^2 BERLAKU UNTUK TABEL 4,6 DAN 4,7 KOLOM 6 DAN 7

1	2	3
JUMLAH URAT YANG DIBEBANI	FAKTOR KOREKSI TERHADAP TABEL 4, 6 DAN TABEL 4, 7 LUAS PENAMPANG NOMINAL PENGHANTAR SAMPAI DENGAN 100 MM^2	
	DI TANAH (KOLOM 6)	DI UDARA (KOLOM 7)
5	0,70	0,75
7	0,60	0,65
10	0,50	0,55
14	0,45	0,50
19	0,40	0,45
24	0,35	0,40
40	0,30	0,35
61	0,25	0,30

Sumber: PUIL 1977

KEMAMPUAN HANTAR ARUS TIGA KABEL TANAH BERURAT TUNGGAL, BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC, TANPA PERISAI (NYY, NAVY DAN SEBAGAINYA) DIPASANG SEJAJAR PADA SISTEM FASA-TIGA TEGANGAN KERJA MAKSIMUM 0,6/1 KV SUHU KELILING 30°C, SUHU PENGHANTAR MAKSIMUM 70°C TAHANAN PANAS JENIS TANAH 100°C CM/W.

1	2	3	4	5
LUAS PENAMPANG NOMINAL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL DENGAN			
	PENGHANTAR TEMBAGA		PENGHANTAR ALUMINIUM	
	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA
mm^2	A	A	A	A
16	107	100	83	78
25	138	135	107	105
35	165	170	129	130
50	196	205	151	160
70	240	260	187	200
95	289	320	223	245
120	329	375	258	290
150	374	430	289	335
185	418	490	325	380
240	481	590	374	460
300	552	680	423	530
400	632	820	490	640
500	730	960	561	740

Sumber: PUIL 1977
VIDE 0271a/.. 69

Catatan:
Tabel ini berlaku untuk kabel yang ditanam langsung dalam tanah dengan beban normal dan jarak antar permukaan kabel kira-kira 7 cm, dan untuk kabel yang dipasang bebas di udara dengan beban penuh dan jarak antar permukaan kabel sama dengan diameter luar kabel.

KEMAMPUAN HANTAR ARUS TIGA KABEL TANAH BERURAT TUNGGAL, BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC, TANPA PERISAI (NYY, NAVY DAN SEBAGAINYA) DIPASANG TERIKAT MEMBENTUK SEGITIGA PADA SISTEM FASA-TIGA TEGANGAN KERJA MAKSIMUM 0,6/1 KV. SUHU KELILING 30°C, SUHU PENGHANTAR MAKSIMUM 70°C TAHANAN PANAS JENIS TANAH 100°C CM/W.

1	2	3	4	5
LUAS PENAMPANG NOMINAL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL DENGAN			
	PENGHANTAR TEMBAGA		PENGHANTAR ALUMINIUM	
	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA
mm^2	A	A	A	A
16	98	86	75	67
25	125	120	98	91
35	151	145	116	115
50	178	180	138	140
70	218	225	169	175
95	263	280	205	220
120	298	330	231	255
150	338	380	263	295
185	383	440	294	340
240	436	530	338	410
300	490	610	383	470
400	579	740	445	570
500	659	560	507	670

Sumber: PUIL 1977

Catatan:
Tabel ini berlaku untuk kabel yang ditanam langsung dalam tanah dengan beban normal, dan untuk kabel yang dipasang bebas di udara dengan beban penuh.

FAKTOR KOREKSI UNTUK PENENTUAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL BERURAT TUNGGAL YANG DITANAM BERKELOMPOK DALAM TANAH PADA SISTEM FASA - TIGA

1	2	3	4
Jumlah sistem dalam tanah	2	3	4
Faktor koreksi terhadap tabel 4,9 untuk kabel sejajar. Jarak antar permukaan kabel 7 cm.	0,82	0,74	0,68
Faktor koreksi terhadap tabel 4.10 untuk kabel terikat membentuk segi tiga. Jarak antara permukaan kabel dua sistem 25 cm.	0,85	0,77	0,72

Sumber: PUIL 1977

FAKTOR KOREKSI UNTUK PENENTUAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL ARUS SE ARAH BERURAT TUNGGAL DAN KABEL BERURAT BANYAK YANG DITANAM SEJAJAR DALAM TANAH JARAK ANTAR PERMUKAAN KABEL 7 CM.

1	2	3	4	5	6	7	8
Jumlah kabel dalam tanah	2	3	4	5	6	8	10
Faktor koreksi terhadap tabel tabel 4,6 sampai dengan 4,8 dan 4.18	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53

Sumber: PUIL 1977

FAKTOR KOREKSI UNTUK PENENTUAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL YANG DITANAM DALAM TANAH DENGAN TAHANAN PANAS JENIS BERBEDA DARI 100°C CM/W FAKTOR KOREKSI = FAKTOR A x FAKTOR B.

1	2	3	4	5	6	7	8
TAHANAN PANAS JENIS TANAH (°C cm/W)	70	100	120	150	200	250	300
LUAS PENAMPANG PENGHANTAR Q (mm²)	FAKTOR A						
Q < 25	1,11	1	0,94	0,87	0,78	0,72	0,67
35 < Q < 95	1,13	1	0,93	0,86	0,76	0,70	0,64
120 < Q < 240	1,14	1	0,93	0,85	0,76	0,69	0,63
300 < Q < 500	1,15	1	0,92	0,85	0,75	0,68	0,63
JENIS KABEL	FAKTOR B						
Kabel berurat 3 dan 4 dengan tegangan kerja 0,6/1 kV.	1	1	1	1	1	1	1
Kabel berurat dengan tegangan kerja 0,6/1 kV	0,98	1	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
Tiga kabel tanpa perisai berurat tunggal dengan kerja 0,6/1 kV.	1,01	1	1	0,98	0,97	0,97	0,96

Sumber: PUIL 1977

FAKTOR KOREKSI UNTUK PENENTUAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL TANAH BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC DENGAN TEGANGAN KERJA 0,6/1 KV PADA SUHU KELILING BERBEDA DARI 30°C.

1	2	3	4	5	6	7
Suhu keliling (°C)	15	20	25	30	35	40
Faktor koreksi untuk kabel ditanam dalam tanah	1,18	1,12	1,07	1	0,94	0,87
Faktor koreksi untuk kabel dipasang di udara	–	–	1,06	1	0,94	0,87

Sumber: PUIL 1977

WARNA URAT KABEL TANAH BERPERISAI BERISOLASI KERTAS JENIS NKBA DAN GPLK

1	2	3	4
JUMLAH URAT	NKBA		GPLK
	DENGAN URAT HIJAU-KUNING (KODE "J")	TANPA URAT HIJAU-KUNING (KODE "O")	
2	–	hitam biru	merah warna alam
3	hijau/kuning hitam biru	hitam biru coklat	merah kuning biru
4	hijau/kuning hitam biru coklat	hitam biru coklat hitam	merah kuning biru biru/kuning
5	hijau/kuning hitam biru coklat hitam	–	–

Keterangan:
warna alam = warna alam kertas
hijau/kuning = hijau/warna alam; untuk hantaran pengaman
coklat = warna alam
biru/kuning = tanda bentuk cincin; untuk hantaran netral

Sumber: PUIL 1977

KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL TANAH BERPERISAI DENGAN PENGHANTAR TEMBAGA BERISOLASI KERTAS DENGAN PELINDUNG TIMBEL (NKBA, GPLK DAN SEBAGAINYA). TEGANGAN KERJA MAKSIMUM 0,6/1 KV. SUHU KELILING 30°C. TAHANAN PANAS JENIS TANAH 100°C CM/W.

1	2	3	4	5
LUAS PENAMPANG NOMINAL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL			
	BERURAT DUA		BERURAT 3 DAN 4	
	DI TANAH	DI UDARA	DI TANAH	DI UDARA
mm²	A	A	A	A
1,5	28	27	24	22
2,5	38	36	32	30
4	50	47	43	39
6	64	59	54	50
10	86	80	73	68
16	114	105	96	90
25	146	140	123	120
35	177	170	150	150
50	214	205	177	180
70	264	260	223	230
95	319	310	264	280
120	359	360	300	325
150	410	410	341	370
185	455	470	382	420
240	519	550	437	490
300	582	620	491	560
400	673	740	564	660

Sumber: PUIL 1977

Catatan:
Tabel ini berlaku untuk satu kabel yang ditanam langsung dalam tanah dengan beban normal, dan untuk satu kabel yang dipasang bebas di udara dengan beban penuh.

FAKTOR KOREKSI UNTUK PENENTUAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL TANAH BERISOLASI KERTAS DENGAN PELINDUNG TIMBEL DENGAN TEGANGAN KERJA 0,6/1 KV PADA SUHU KELILING BERBEDA DARI 30°C.

1	2	3	4	5	6	7
Suhu keliling (°C)	15	20	25	30	35	40
Faktor koreksi untuk kabel ditanam dalam tanah.	1,14	1,10	1,05	1	0,90	0,90
Faktor koreksi untuk kabel dipasang di udara	–	–	1,05	1	0,95	0,89

Sumber: PUIL 1977

EKIVALEN METRIK

UKURAN LINIER

1 centimeter = 0.3937 in.	1 in = 2.54 centimeter
1 decimeter = 3.937 in. = 0.328 feet	1 ft = 3.048 decimeters
1 meter = 39.37 in. = 1.0936 yards	1 yard = 0.9144 meter
1 kilometer = 0.62137 mile	1 mile = 1.6093 kilometers

UKURAN LUAS

1 sq.centimeter = 0.1550 sq.in.	1 sq.inc = 6.452 square centimeters
1 sq.decimeter = 0.1076 sq.ft.	1 sq.foot = 9.2903 square decimeters
1 sq.meter = 1.196 sq.yd.	1 sq.yd = 0.8361 sq. meter
1 hektar = 2.47 acres.	1 acre = 0.4047 hektar
1 sq.kilometer = 0.386 sq.mile	1 sq.mile = 2.59 sq.kilometer

UKURAN VOLUME

1 cu.centimeter = 0.061 cu.in.	1 cu. inch = 16.39 cu. centimeters
1 cu.decimeter = 0.0353 cu.ft.	1 cu. foot = 28.317 cu. decimeters
1 cu.meter = 1.308 cu. yard 2.6417 gallons	1 cu.yard = 0.7646 cu.meter 1 gallon = 0.3785 dekaliter

BERAT

1 gram = 0.03527 ons	1 ons = 28.35 grams
1 kilogram = 2.2046 pon	1 pon = 0.4536 kilogram
1 metric ton = 1.1023 English ton	1 English ton = 0.9072 metric ton

METRIK EKIVALEN

1 decimeter = 4 inci	1 kilogram = 2 1/2 pon
1 meter = 1.1 yards	1 metric ton = 2200 pon
1 kilometer 5/8 of mile	
1 hektar = $2^1/_2$ acres	

SATUAN MEKANIKAL DAN LISTRIK EKIVALEN

SATUAN	NILAI EKIVALEN DALAM SATUAN LAIN	SATUAN	NILAI SATUAN DALAM SATUAN LAIN
1 Joule =	1 watt detik 0.000000278 Kilowatt jam 0.102 Kilogrametre 0.00094 British Thermal Unit 0.2381 Kalori 0.73 ft.-lb. Feet Pound	Kilowatt Jam =	1.000 wat jam 1.34 EHP PK JAM 2.656.400 ft.-lb. 1 feet pound 3.600.000 joules 3.440 British Thermal Units 366.848 Kgm
1 British Thermal Units =	1,048 watt detik 778 Feet Pound 252 Kalori 108 Kgm 0.000291 Kilowatt Jam 0.000388 EPH Jam 0.00087 lb.water evaporated at 212°F	1 PK/ TK =	767 watt. 33.000 Feet Pound/min. 550 Feet Pound/dtk. 2.580 British Thermal Units/jam 43 Btu/min 0.71 Btu/dtk.
1 Kalori =	4.2 joules 3.10 Feet Pound 0.003968 Btu		
1 Feet Pound =	1.36 joules 0.1383 Kgm 0.000000377 Kilowatt Jam 0.00129 Btu	1 Kilowatt Jam =	1.000 watts 1.34 PK 1.000 joules perdetik 2.656.400 Feet Pound/jam 44.240 Feet 737.3 Feet Pound/dt. 3.440 Btu/jam 3.440 Btu/jam 57.3 Btu/min 0.955 Btu/dt
1 PK Jam =	0.746 Kilowatt Jam 1.980000 Feet Pound 2.580 Btu 273 740 Kgm		

KONVERSI TENAGA KUDA (HP/PK) KE KILOWATT

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HP	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW
0	-	0.746	1.491	2.237	2.983	3.729	4.474	5.220	5.966	6.711
10	7.457	8.203	8.948	9.694	10.440	11.186	11.931	12.677	13.423	14.168
20	14.914	15.660	16.405	17.151	17.897	18.643	19.388	20.134	20.880	21.625
30	22.371	23.117	23.862	24.608	25.354	26.100	26.845	27.591	28.337	29.082
40	29.828	30.574	31.319	32.065	32.811	33.557	34.302	35.048	35.794	36.539
50	37.285	38.031	38.776	39.522	40.268	41.014	41.759	42.505	43.251	43.996
60	44.742	45.488	46.233	46.979	47.725	48.471	49.216	49.962	50.708	51.453
70	52.199	52.945	53.691	54.436	55.182	55.928	56.673	57.419	58.165	58.910
80	59.656	60.402	61.148	61.893	62.639	63.385	64.130	64.876	65.622	66.367
90	67.113	67.859	68.605	69.350	70.096	70.842	71.587	72.333	73.078	73.824
100	75.570	75.316	76.062	76.807	77.553	78.299	79.044	79.790	80.536	81.281

KONVERSI KILOWATT KE TENAGA KUDA (HP/PK)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kilowatt	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP
0	-	1.341	2.682	4.023	5.364	6.705	8.046	9.387	10.728	12.069
10	13.410	14.751	16.092	17.433	18.774	20.115	21.456	22.797	24.138	25.479
20	26.820	28.161	29.502	30.843	32.184	33.525	34.866	36.208	37.549	38.890
30	40.231	41.572	42.913	44.254	45.595	46.936	48.277	49.618	50.959	52.300
40	53.641	54.982	56.323	57.664	59.005	60.346	61.687	63.028	64.369	65.710
50	67.051	68.392	69.733	71.074	72.415	73.756	75.097	76.438	77.779	:20
60	80.461	81.802	83.143	84.484	85.825	87.166	88.507	89.848	91.189	92.530
70	93.871	95.212	96.553	97.894	99.235	100.58	101.92	103.26	104.60	105.94
80	107.28	108.62	109.96	11.30	112.65	113.99	115.33	116.67	118.01	119.35
90	120.69	122.03	123.37	124.71	126.06	127.40	128.74	130.08	131.42	132.76
100	134.10	135.44	136.78	138.12	139.47	140.81	142.15	143.49	144.83	146.17

KONVERSI TEMPERATUR CELCIUS - FAHRENHEIT

DERAJAT C	DERAJAT F	DERAJAT C	DERAJAT F	DERAJAT C	DERAJAT F
–40	–40	20	68.0	80	176
–35	–31	21	69.8	85	185
–30	–22	22	71.6	90	194
–25	–13	23	73.4	95	203
–20	– 4	24	75.2	100	212
–15	5	25	77.0	105	221
–10	14	26	78.8	110	230
– 5	23	27	80.6	115	239
0	32	28	82.4	120	248
1	33.8	29	84.2	125	257
2	35.6	30	86.0	130	266
3	37.4	31	87.8	135	275
4	39.2	32	89.6	140	284
5	41.0	33	91.4	145	293
6	42.8	34	93.2	150	302
7	44.6	35	95.0	160	320
8	46.4	36	95.8	170	238
9	48.2	37	98.6	180	356
10	50.0	38	100.4	190	374
11	51.8	39	102.2	200	392
12	53.6	40	104.0	250	482
13	55.4	45	113.0	300	572
14	57.2	50	122.0	350	662
15	59.0	55	131.0	400	752
16	60.8	60	140.0	500	932
17	62.6	65	149.0	1000	1832
18	64.4	70	158.0	1500	2732
19	66.2	75	167.0	2000	3632

(ARUS SE ARAH)
PERKIRAAN AMPER PADA BEBAN PENUH

HP/PK	VOLTASE			
	220	400	440	460
1	5.0	2.8	2.5	2.4
2	9.0	5.0	4.5	4.3
3	12.5	7.1	6.5	6.2
5	21.0	11.0	10.0	9.6
$7^1/_2$	30.0	16.0	14.6	14.0
10	40.0	22.0	20.0	19.0
15	59.0	32.0	29.0	28.0
20	77.0	42.0	37.5	36.0
30	114.0	63.0	57.5	55.0
40	150.0	84.0	75.0	72.0
50	187.0	103.0	93.0	89.0
75	267.0	154.0	140.0	134.0
100	370.0	204.0	185.0	177.0
125	450.0	247.0	225.0	215.0
150	550.0	303.0	275.0	263.0

MOTOR ARUS BOLAK - BALIK
PERKIRAAN AMPER PADA BEBAN PENUH SATU FASE

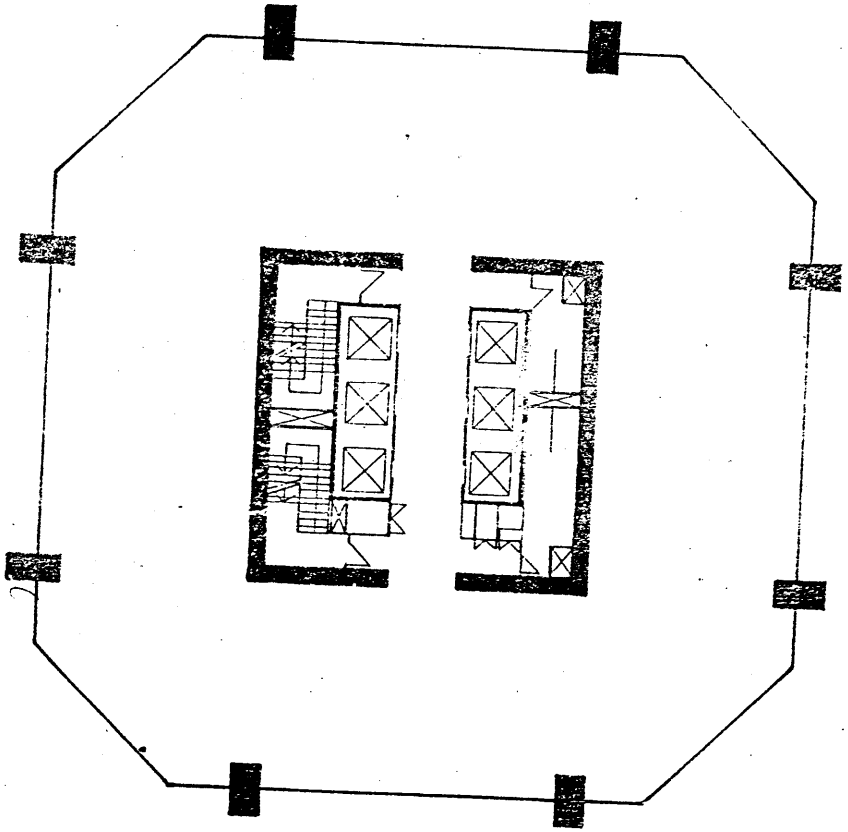
HP/PK	VOLTASE FASE SATU			
	200	346	400	500
1	7	4	4	3
2	15	8	7	6
3	22	13	11	9
4	26	15	13	11
5	29	17	15	12
6	34	20	17	14
7½	43	25	22	17
10	55	32	28	22
12	66	38	33	27
15	82	48	41	33
20	107	62	54	43
25	134	78	67	54
30	161	93	80	64
35	187	108	94	75
40	214	124	107	86
45	241	139	121	97
50	265	153	132	106
60	317	184	159	127
70	370	214	185	148
75	392	227	196	157
80	418	242	209	167
90	471	272	235	188
100	523	302	262	209
110	575	332	288	230
120	627	363	314	251
130	680	393	340	272
140	732	423	366	293
150	784	453	392	314

MOTOR ARUS BOLAK-BALIK
PERKIRAAN AMPER PADA BEBAN PENUH 3 FASE

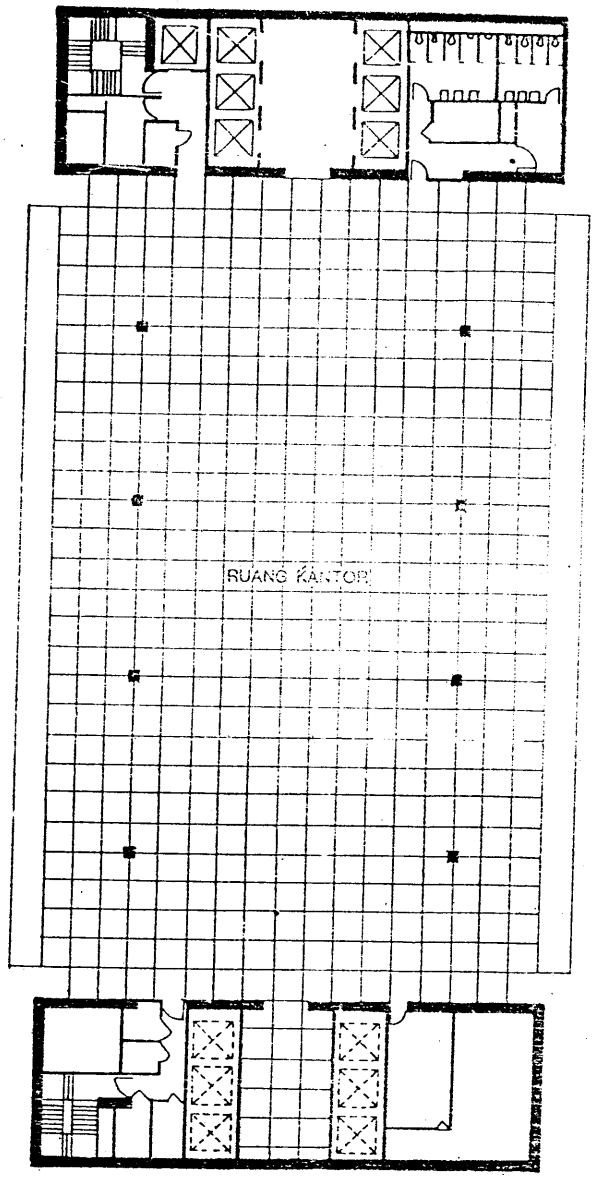
HP/PK	VOLTASE 3 FASE				
	220	380	400	415	440
1	3.8	2.1	2.0	2.0	1.8
2	6.3	3.6	3.5	3.5	3.1
3	9.0	5.2	5.1	5.0	4.5
5	14.5	8.2	7.8	7.5	7.0
7½	21.0	12.5	11.5	11.0	10.5
10	27.0	15.5	14.5	14.0	13.5
12½	34.0	18.6	17.5	17.0	16.0
15	39.0	23.0	22.0	21.0	20.0
20	51.0	31.0	29.0	28.0	26.0
25	64.0	38.0	36.0	35.0	33.0
30	76.0	44.0	42.0	40.0	38.0
40	100.0	60.0	57.0	55.0	52.0
50	123.0	72.0	68.5	66.0	62.0
60	147.0	87.0	83.0	80.0	76.0
75	182.0	108.0	102.0	99.0	93.0
90	218.0	131.0	124.0	120.0	113.0
100	241.0	147.0	140.0	135.0	127.0
125	300.0	180.0	170.0	165.0	156.0
150	360.0	219.0	207.0	200.0	189.0
200	478.0	284.0	269.0	260.0	245.0
250	596.0	355.0	337.0	325.0	307.0
300	714.0	420.0	399.0	385.0	364.0

CONTOH INTI GEDUNG BENTUK TOWER (MENARA)

PINTU TANGGA DARURAT DISEBAR
RONGGA TANGGA DILENGKAPI TABUNG UDARA TEKAN
(PRESSURIZED STAIRWELL)



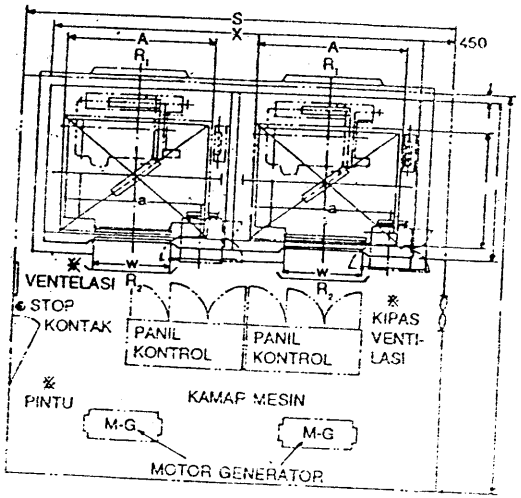
GEDUNG BANK BUMI DAYA PLAZA
TINGGI 32 LANTAI, LUAS LANTAI BERULANG 889 M^2
LUAS INTI GEDUNG 169 M^2 (19%)
STRUKTUR INTI GEDUNG STRUKTURAL + KOLOM TEPI
BEBAN GEMPA + ANGIN DIPIKUL INTI

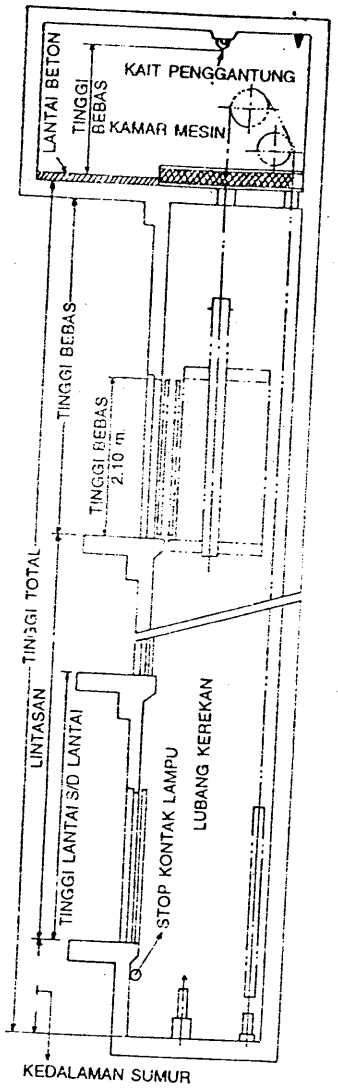


GEDUNG KANTOR DENGAN INTI GANDA STRUKTURAL
(STRUKTURAL DOUBLE CORE) DAN PORTAL BERTINGKAT
SATU BENTANG DENGAN KONSOL DI KEDUA UJUNG

LUAS LANTAI BERULANG 884 M^2
LUAS INTI = 204 M^2 (23%)

UKURAN RUANG MESIN LIFT DAN JALUR KEREKAN





JARAK BEBAS (OH)
DAN KEDALAM SUMURAN MINIMUM P

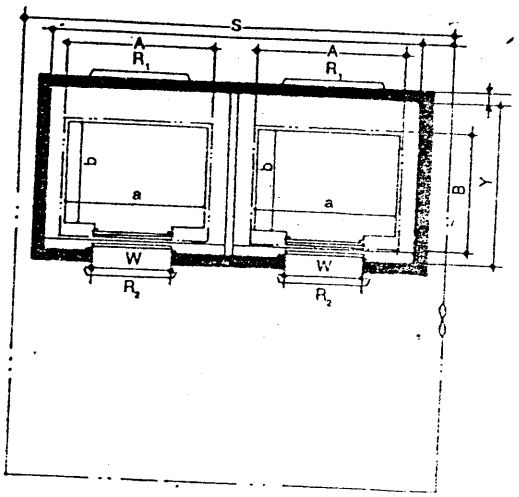
KECEPATAN	KODE	JEPANG
120 mpm (400 mpm)	OH	5250 (7-2 II/16")
	P	2.100 (6'-10 3/4)
150 mpm (500 fpm)	OH	5.45 (17'-10 1/2)
	P	2,45 (7'-10 1/2)
180 mpm (600 fpm)	OH	5,900(19-4 1/4)
	P	2,700 (8'-10 3/8)
210 mpm (700 fpm)	OH	6,300 (20'-8")
	P	3.200 (10'-6")

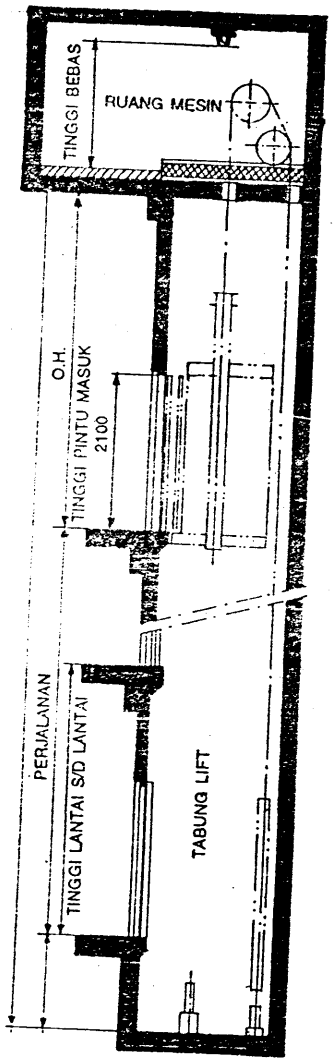
TINGGI BEBAS MINIMUM (11) DAN KEDALAMAN SUMUR MINIMUM (17)

KECEPATAN	CODE	JEPANG	ANSI BS HKR MR. SLIR
120 MPM (400 FPM)	11	5,250 (IT'-2 II/16")	5,080 (16'-8")
	17	2,100 (6'-10 3/4")	2,134 (7'-0)
150 MPM (500 FPM)	11	5,450 (17'-10 1/2")	5,195 (17'-0)
	17	2,400 (7'-10 1/2")	2,261 (7'-5)
180 MPM (600 FPM)	11	5,900 (19'-4 1 1'4")	5,730 (18"-9 1/2")
	17	2,700 (8'-10 3/8")	2,650 (8'-8 3/8)
210 MPM (700 FPM)	11	6,300 (20'-6")	6,100 (20'-6")
	17	3,200 (10'-6")	3,200 (10'-6")

TENAGA LISTRIK UNTUK SATU LIFT

CODE	MOTOR PENGGERAK	KVA	AMP	PANJANG KABEL MAXIMUM					VENTI-LASI	MIN KABEL TANAH
				5 MM²	8 MM²	14 MM²	22 MM²	30 MM²		
B-750-2S-30	3,7	8.4	50(30)	–(141)	53(203)	91(344)	138(521)	183(–)	10	3,5
B-750-2S-45	5,5	12,5	60(50)	–(105)	–(150)	65(256)	98(387)	131(–)	14	5,5
B-750-2S-60	7,5	15,6	75(50)	–(72)	–(104)	48(177)	74(268)	95(–)	18	5,5
B-1000-2S-30	5,5	12,5	60(50)	–(96)	–(137)	61(234)	92(354)	123(–)	12	5,5
B-1000-2S-45	5,5	12,5	60(50)	–(88)	–(126)	54(215)	82(326)	109(–)	18	5,5
B-1000-2S-60	11	21,8	100(75)	–(54)	–(78)	–(133)	56(202)	72(–)	24	5,5





C.H MINIMUM & P. MINIMUM

KECEPATAN	KODE	MM (MILIMETER)
2 M/dt (400 fpm)	O.H	5,250
	P	2,100
2,5 M/dt (500 fpm)	O.H	5,450
	P	2,400
3 M/dt (600 fpm)	O.H	5,900
	P	2,700
3,5 M/dt (700 fpm)	O.H	6,300
	P	3,200

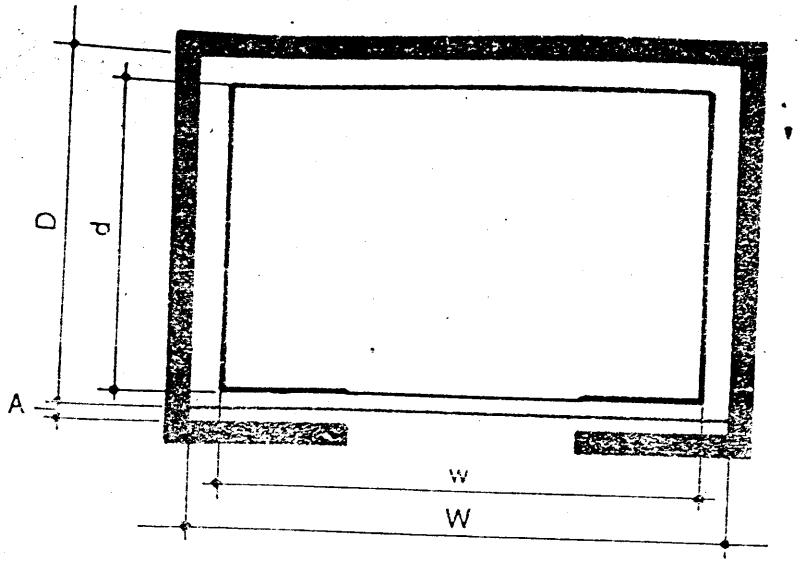
DATA LIFT MERK HITACHI JEPANG

DATA HITACHI

NO	BEBAN ORANG	BEBAN kg (Lbs)	KECEPATAN m/detik	UKURAN LUAR A	UKURAN LUAR B	UKURAN DALAM a	UKURAN DALAM b	1 LIFT X	1 LIFT Y	2 LIFT X	2 LIFT Y
1	13	900 (2,000)	2 (400)	1670 (5'-5 3/4")	1545 (5' 7/8")	1600 (5'-3")	1350 (4'-5 1/8")	2100 (6'-10 3/4")	2100 (6'-10 3/4")	4300 (14'-1 1/4")	2100 (6'-10 3/4")
2			2,5(500)								
3	15	1,000 (2,250)	2 (400)	1670 (5'-5 3/4")	1695 (5'-6 3/4")	1600 (5'-3")	1500 (4'-11 1/8")	2100 (6'-10 3/4")	2250 (7'-4 5/8")	4300 (14'-1 1/4")	2250 (7'-4 5/8")
4			2,5(500)					2100 (6'-10 3/4")	2300 (7'-6 5/8")	4300 (14'-1 1/4")	2300 (7'-6 5/8")
5			3 (600)	1670 (5'-5 3/4")	1745 (5'-8 3/4")	1600 (5'-3")	1550 (5'-1")			4400 (14'-5 1/4")	2300 (7'-6 5/8")
6	17	1,150 (2,500)	2 (400)	1870 (6'-1 5/8")	1695 (5'-6 3/4")	1800 (5'-10 7/8")	1500 (4'-11 1/8")			4400 (14'-5 1/4")	2350 (7'-8 1/2")
7			2,5(500)					2300 (7'-6 5/8")	2250 (7'-4 5/8")	4700 (15'-5")	2250 (7'-6 5/8")
8			3 (600)								
9			3,5(700)							4800 (15'-9")	2500 (7'-6 5/8")
10	20	1,350 (3,000)	2 (400)	1870 (6'-1 5/8")	1895 (6'-2 5/8")	1800 (5'-10 7/8")	1700 (5'-7")	2500 (7'-6 5/8") 2300	2450 (8'-1/2") 2500	4700 (15'-5") 4700	2450 (8'-1/2") 2500
11			2,5(500)					(7'-6 5/8")	(8'-2 1/2")	(15'-5")	(8'-4 3/4")
12			3 (600)	1870 (6'-1 5/8")	1945 (6'-4 5/8")	1800 (5'-10 7/8")	1750 (5'-8 7/8")			4800 (15'-9") 4800	2500 (8'-2 1/2") 2550
13			3,5(700)							(15'-9")	(8'-4 3/8")
14	24	1,600 (3,500)	2 (400)	2070 (6'-9 1/2")	1945 (6'-4 5/8")	2000 (6'-6 3/4")	1750 (5'-8 7/8")	2500 (8'-2 1/2") 2500	2500 (8'-2 1/2") 2550	5100 (16'-8 3/4") 5100	2500 (8'-2 1/2") 2550
15			2,5(500)					(8'-2 1/2")	(8'-4 3/8")	(16'-8 3/4")	(8'-4 3/8")
16			3 (600)	2070 (6'-9 1/2")	1995 (6'-6 1/2")	2000 (6'-6 3/4")	1800 (5'-10 7/8")			5200 (17'-3/4") 5200	2550 (8'-4 3/8") 2600
17			3,5(700)							(17'-3/4")	(8'-5 3/8")

NO	3 LIFT X	3 LIFT Y	LEBAR PINTU MASUK mm(ft in)	RUANG MESIN 1 LIFT S	1 LIFT T	2 LIFT S	2 LIFT T	3 LIFT S	3 LIFT T	RUANG MESIN kg (Lbs) R_1	RUANG MESIN kg (Lbs) R_2
1	6500 (21'-4")	2100 (6'-10 3/4")	900 (2'-11 1/2")	2700 (8'-10 3/8")	5300 (17'-4 5/8")	5800 (19'-3/8")	5300 (17'-4 5/8")	7500 (24'-7 1/4")	5300 (17'-4 5/8")	11,200 (25000)	6,850 (15,000)
2											
3	6500 (21'-4")	2250 (7'-4 5/8")	900 (2'-11 1/2")	2700 (8'-10 3/8")	5450 (17'-10 5/8")	5800 (19'-3/8")	5450 (17'-10 5/8")	7500 (24'-7 1/4")	5300 (17'-10 5/8")	11,650 (25,650)	7,850 (17,300)
4	6500 (21'-4")	2300 (7'-6 5/8")		2700 (8'-10 3/8")	5500 (18'-5/8")	5800 (19'-3/8")	5500 (18'-5/8")	7500 (24'-7 1/4")	5500 (18'-5/8")		
5	6650 (21'-9 7/8") 6650 (21'-9 7/8")	2300 (7'-6 5/8") 2350 (7'-8 1/2")				5800 (19'-3/8") 5800 (19'-3/8")	5500 (18'-5/8") 5550 (18'-2 1/2")	7500 (24'-7 1/4") 7500 (24'-7 1/4")	5500 (18'-5/8") 5500 (18'-2 1/2")		
6	7100 (23' 3 1/2")	2250 (7'-4 5/8")	1000 (3'-3 3/8")	2800 (9'-2 1/4")	5450 (17'-10 5/8")	5800 (19'-3/8")	5450 (17'-10 5/8")	7600 (24'-11 1/4")	5450 (17'-10 5/8")	12,300 (27,100)	8,250 (18,150)
7											
8	7250 (23'-9 1/2")	2300 (7'-6 5/8")				5800 (19'-3/8")	5600 (18'-4 1/2")	7850 (25'-9 1/8")	5600 (18'-4 1/2")		
9											
10	7100 (23'-3 1/2")	2450 (8'-1/2")	1000 (3'-3 3/8")	2800 (9'-2 1/4")	5600 (18'-4 1/2")	5800 (19'-3/8")	5600 (18'-4 1/2")	7600 (24'-11 1/4")	5600 (18'-4 1/2")	13,150 (28,950)	8,850 (19,500)
11	7100 (23'-3 1/2")	2500 (8'-2 1/2")		2800 (9'-2 1/4")	5650 (18'-6 1/2")	5800 (19'-3/8")	5650 (18'-6 1/2")	7600 (24'-11 1/4")	5650 (18'-6 1/2")		
12	7250 (23'-9 1/2")	2500 (8'-2 1/2")				5800 (19'-3/8")	5750 (18'-10 3/8")	7850 (25'-9 1/8")	5750 (18'-10 3/8")		
13	7250 (23'-9 1/2")	2550 (8'-4 3/8")				5800 (19'-3/8")	5800 (19'-3/8")	7850 (25'-9 1/8")	5800 (19'-3/8")		
14	7700 (25'-3 1/8")	2500 (8'-2 1/2")	1100 (3'-7 3/8")	3100 (10'-2 1/8")	5750 (18'-10 3/8")	5800 (19'-3/8")	5750 (18'-10 3/8")	8300 (27'-2 3/4")	5750 (18'-10 3/8")	13,900 (30,600)	9,350 (20,600)
15	7700 (25'-3 1/8")	2550 (8'-4 3/8")		3100 (10'-2 1/8")	5800 (19'-3/8")	5800 (19'-3/8")	5800 (19'-3/8")	8300 (27'-2 3/4")	5800 (19'-3/8")		
16	7850 (25'-9 1/8")	2550 (8'-4 3/8")				5800 (19'-3/8")	5800 (19'-3/8")	8450 (27'-8 3/4")	5800 (19'-3/8")		
17	7850 (25'-9 1/8")	2600 (8'-6 3/8")				5900 (19'-3/8")	5850 (19'-2 1/4")	8450 (27'-8 3/4")	5850 (19'-2 1/4")		

SUMBER : P.T. SARANG TEKNIK / HITACHI



DATA LIFT MERK OTIS

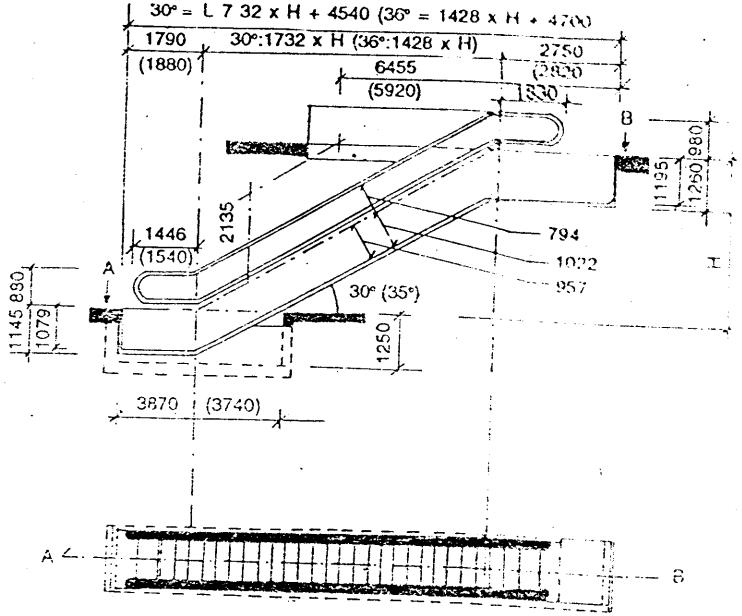
SETIAP PENUMPANG 70 KG

KAPASITAS		LANTAI LIFT MM		UKURAN DALAM TABUNG LIFT MM		LEBAR PIJAKAN MASUK (A)	LEBAR PINTU
KG	ORANG	W LEBAR	D DALAM	W LEBAR	D DALAM		STANDARD TINGGI
545	8	1530	1220	1935	1630	100	815
680	10	1680	1220	2100	1630	100	915
910	13	1931	1350	2400	1780	100	915
1135	16	2134	1524	2550	1950	100	1070
1360	20	2134	1680	2550	2140	100	1070
1586	23	2134	1880	2550	2340	100	1070

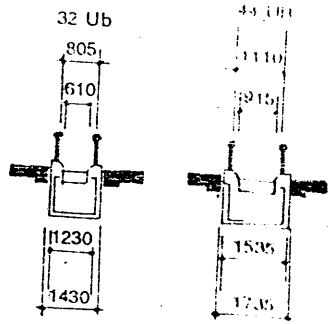
Sumber: PT Citas Engineering Co. Ltd.

ESCALATOR

DAYA ANGKUT 3600 ORANG/JAM/0,5 CM

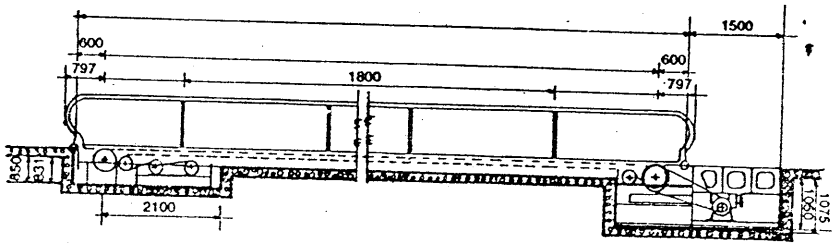


	32 UB	44 UB
A	2000 + 1000 H	3000 + 1000 H
B	2500 + 1000 H	3500 + 1000 H

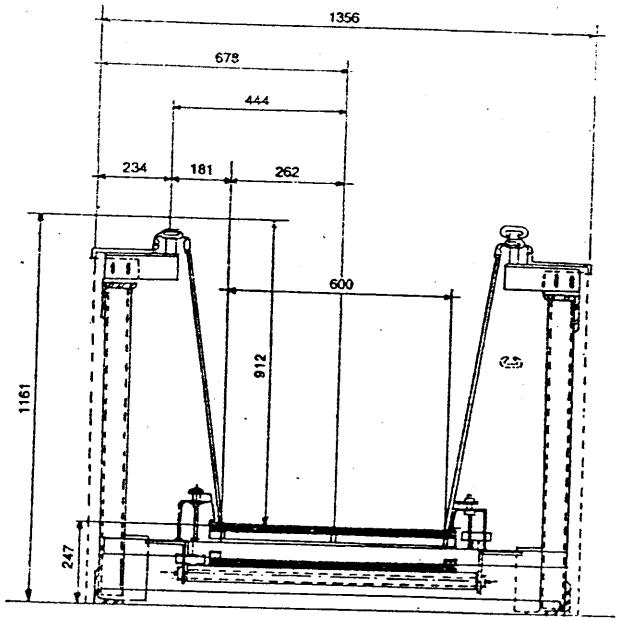


Sumber: PT Citas Engineering Co. Ltd.

SPEEDWALK UNTUK AIRPORT

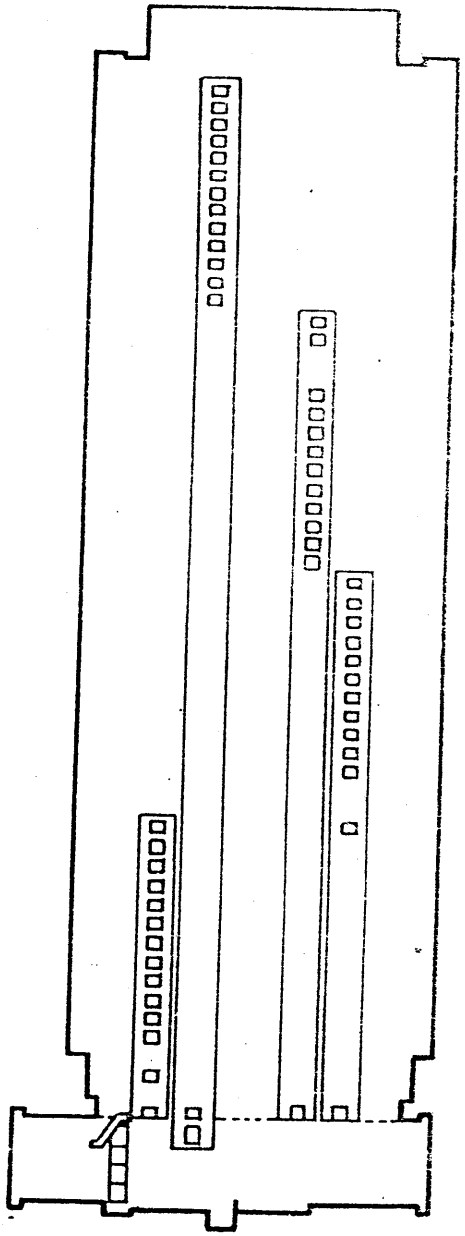


Merk: Hitachi
Sumber: PT Sarang Teknik



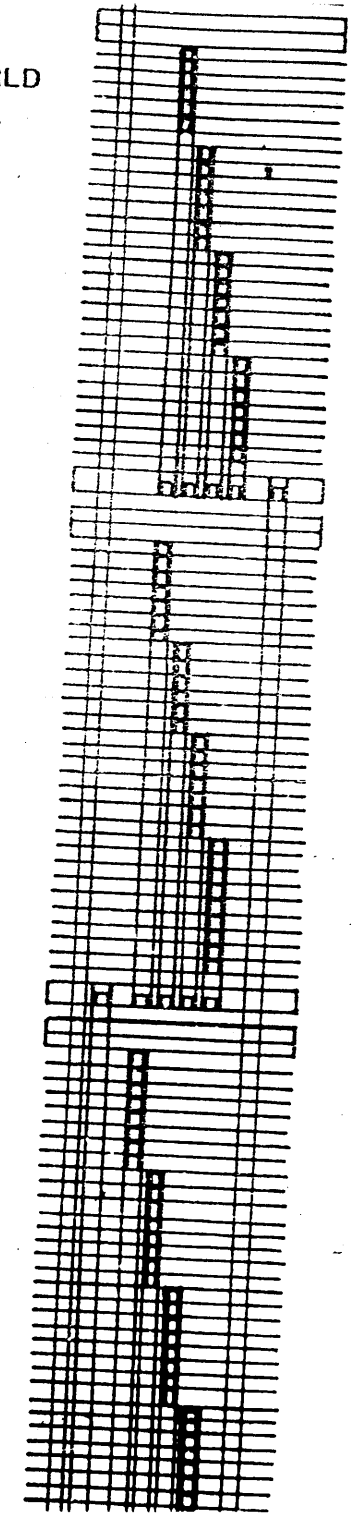
SKEMA ZONING ELEVATOR BANK OF AMERICA HEADQUARTERS SAN FRANCISCO

TINGGI 50 LANTAI



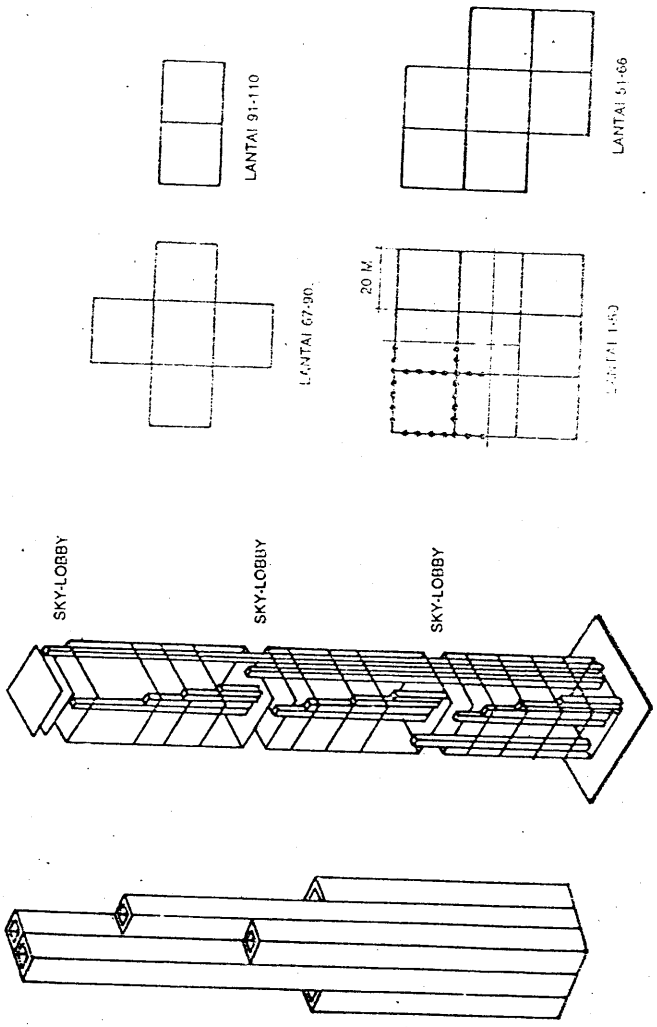
SKEMA ZONING ELEVATOR WORLD TRADE CENTRE NEW YORK USA

3 EXPRESS ELEVATOR MENUJU SKYLOBBY. SKYLOBBY UNTUK KEMUDIAN ORANG BERPINDAH KE ELEVATOR-ELEVATOR SUB-ZONE. TINGGI GEDUNG 110 LANTAI.

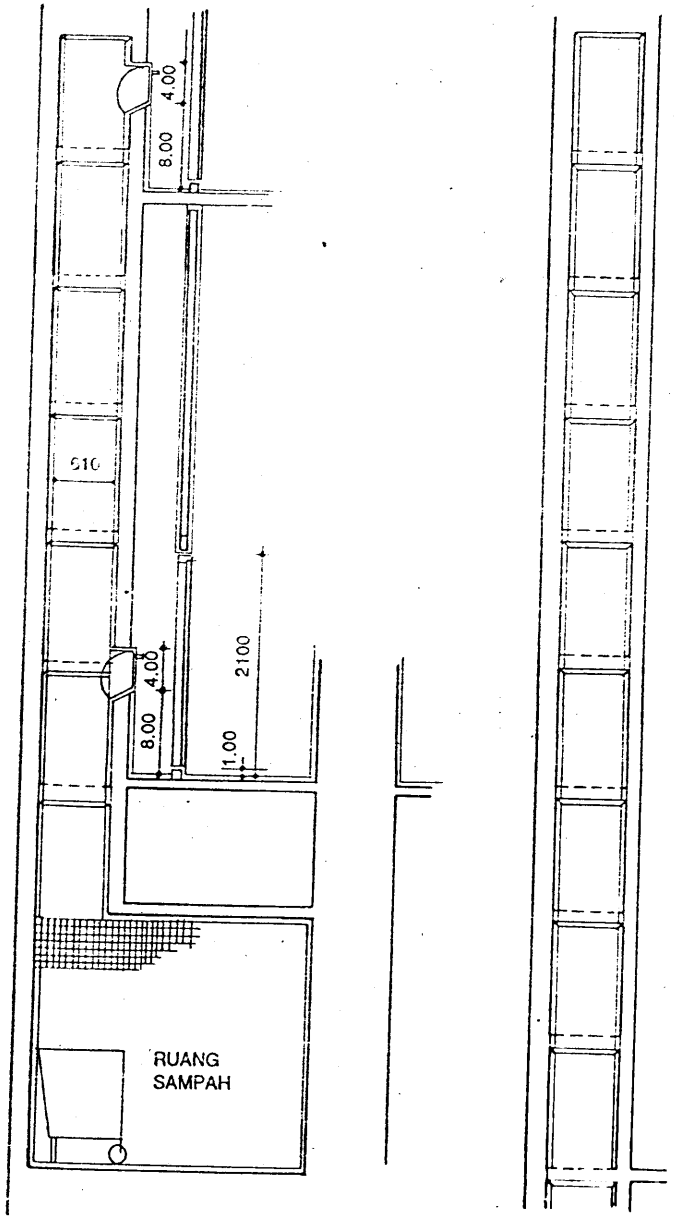


SKEMA ZONING ELEVATOR DALAM GEDUNG SEARS' TOWER (130 TINGKAT) CHICAGO USA

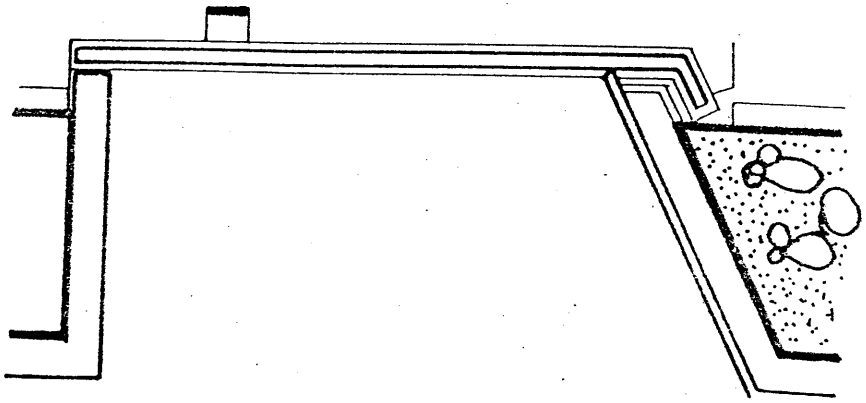
PERHATIKAN POSISI SKYLOBBY YANG DAPAT DICAPAI DARI 3 EXPRESS ELEVATOR DAN SUB ZONING ELEVATOR DALAM SETIAP ZONE.



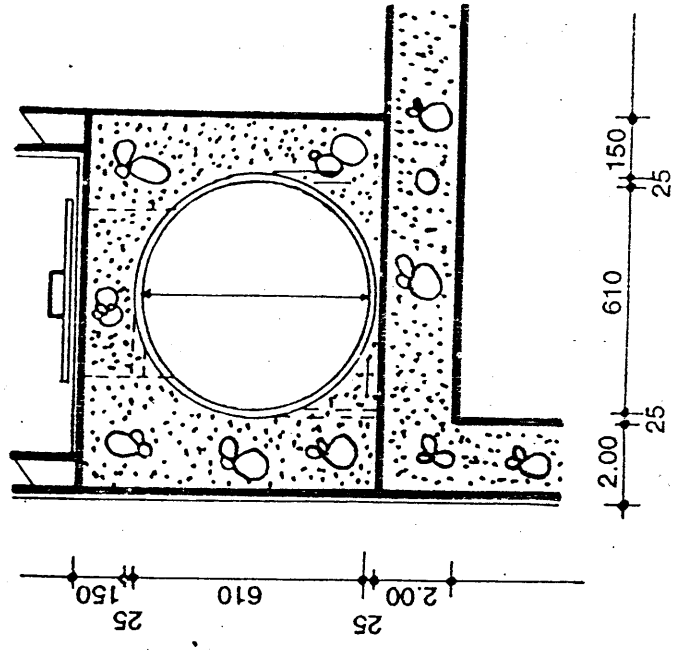
POTONGAN VERTIKAL TABUNG SAMPAH GEDUNG BERTINGKAT



DETAIL TUTUP TABUNG SAMPAH

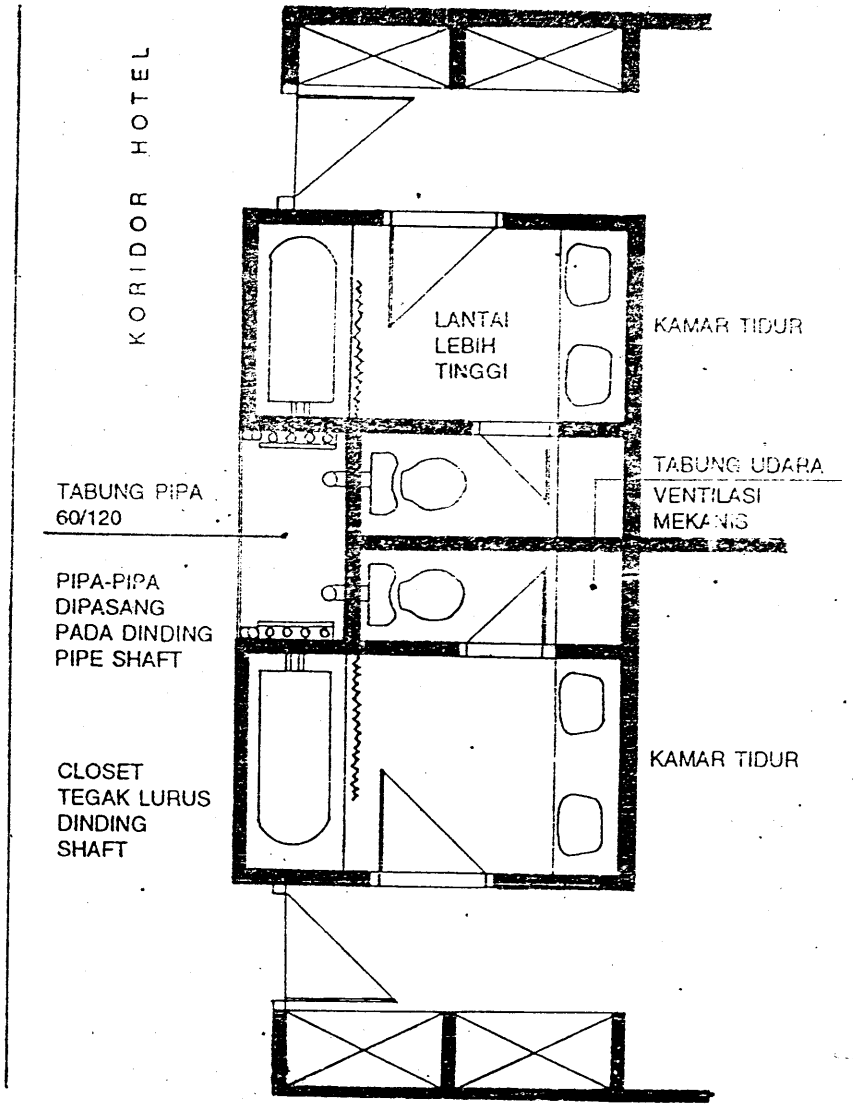


DETAIL TABUNG SAMPAH GEDUNG 30 LANTAI

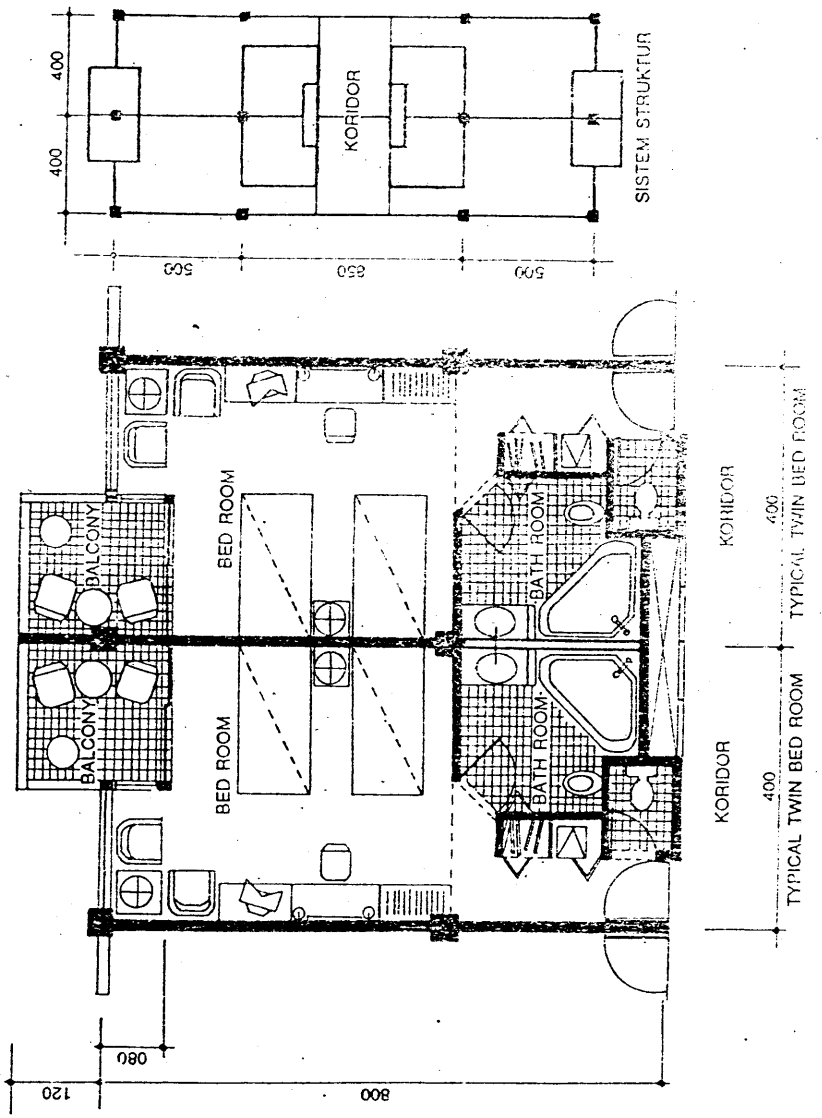


LAYOUT KAMAR MANDI-WC HOTEL

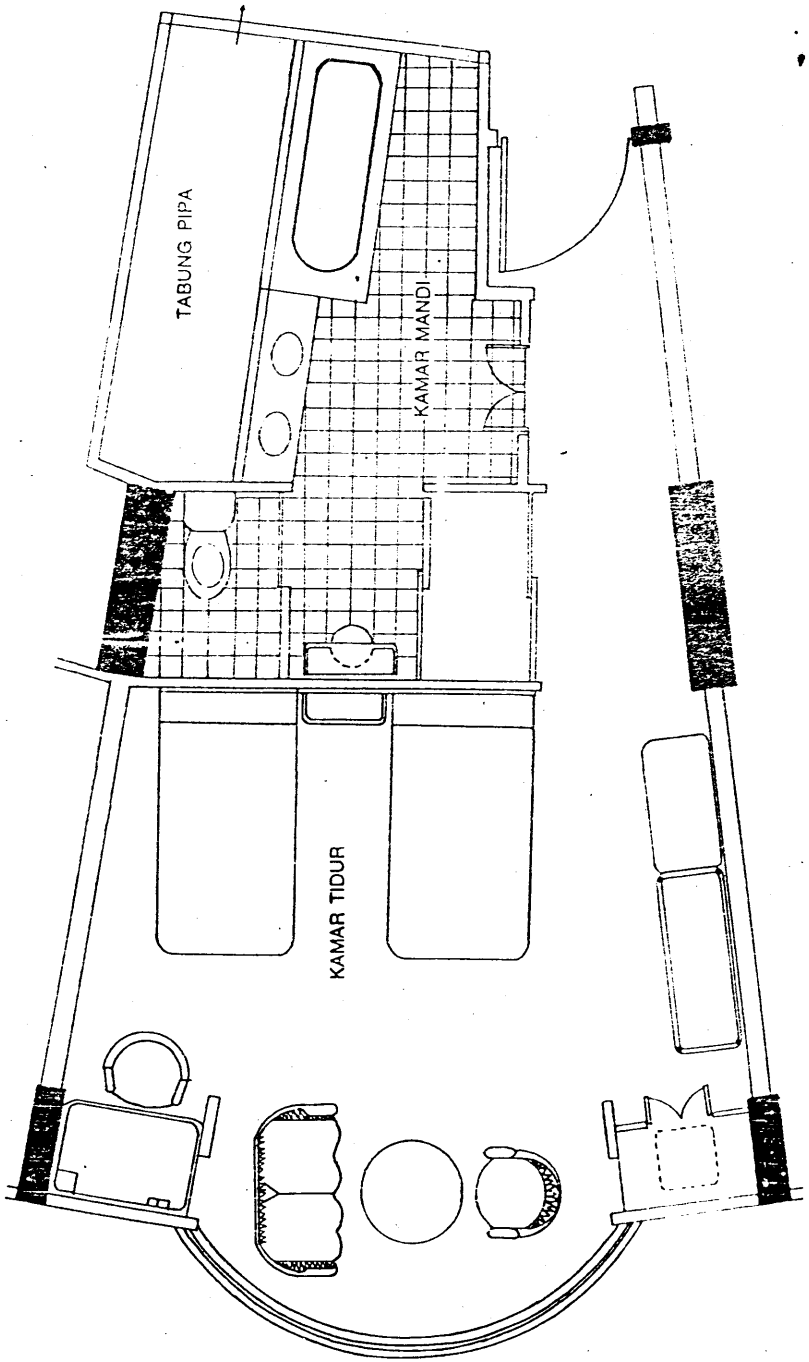
WC - MANDI - WASTAFEL DIPAKAI BERSAMAAN



DENAH DAN SISTEM STRUKTUR HOTEL

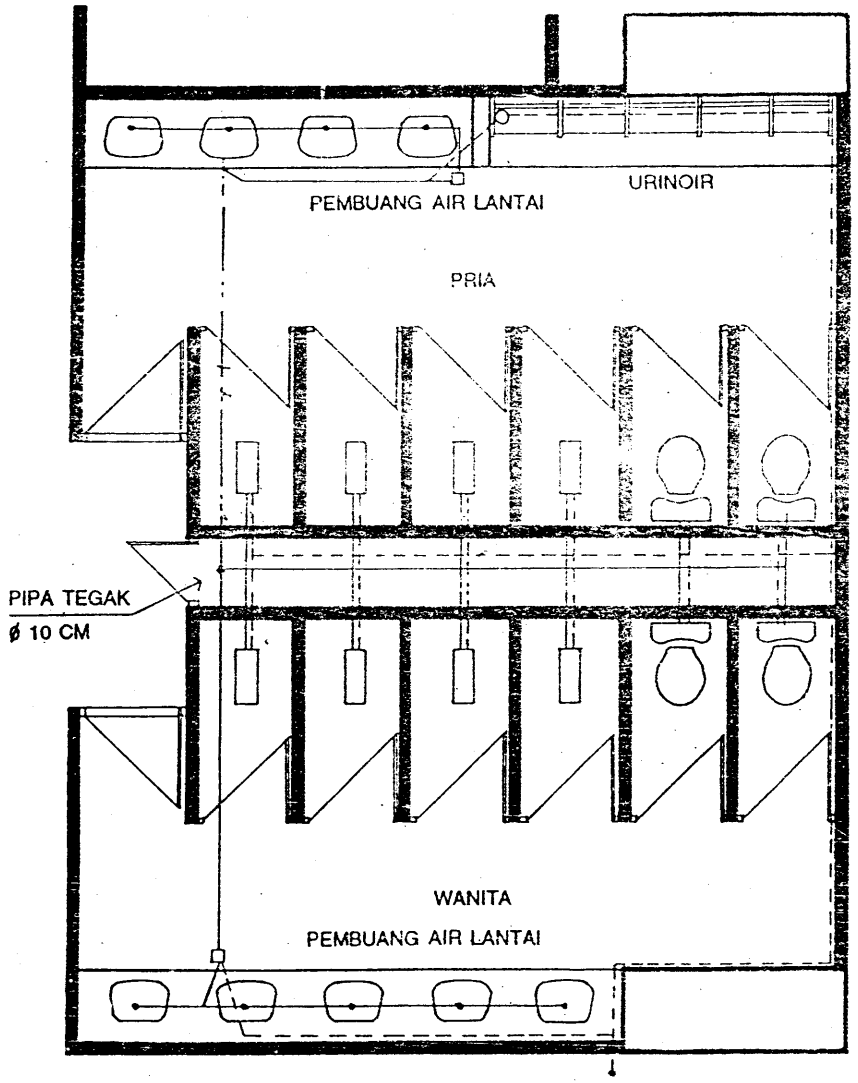


DENAH KAMAR TIDUR HOTEL



TOILET GEDUNG KANTOR

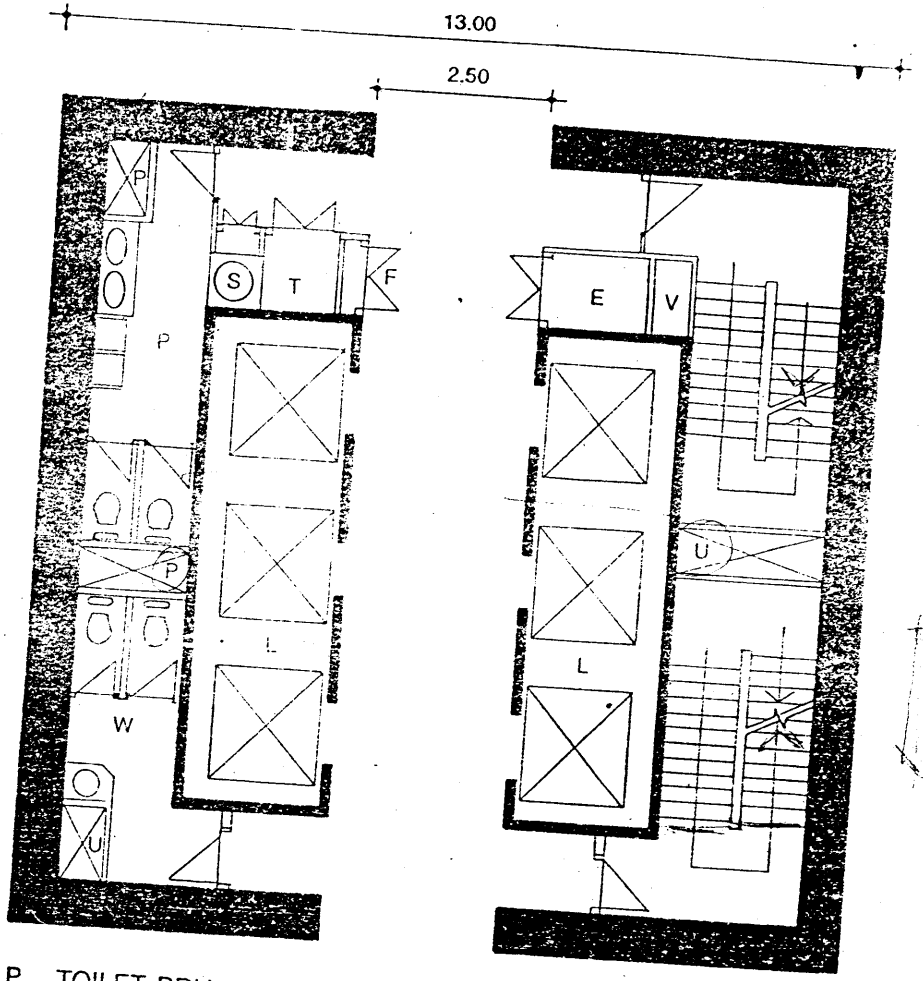
SKALA 1:50



CLOSET DIPASANG BERTOLAK BELAKANG UNTUK MENGHEMAT PIPA PEMBUANG

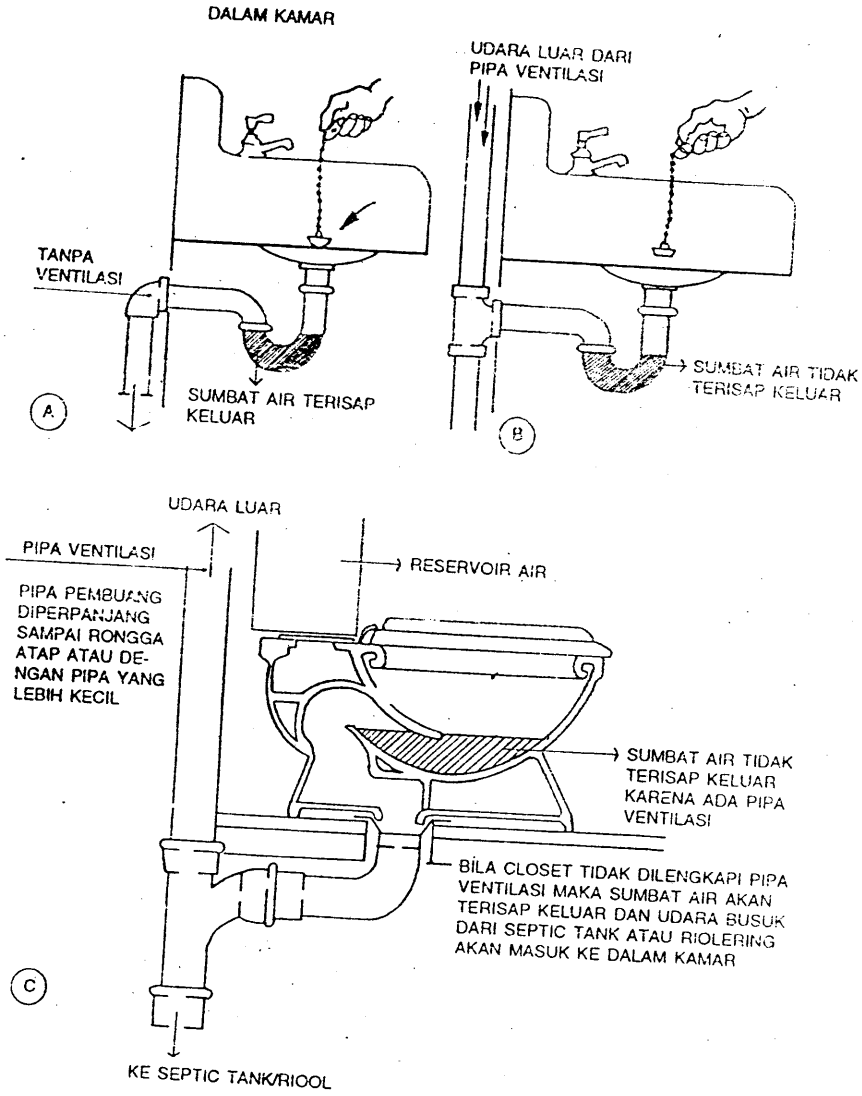
– – – – PIPA VENTILASI KOLEKTIF

DETAIL INTI GEDUNG BBD PLAZA

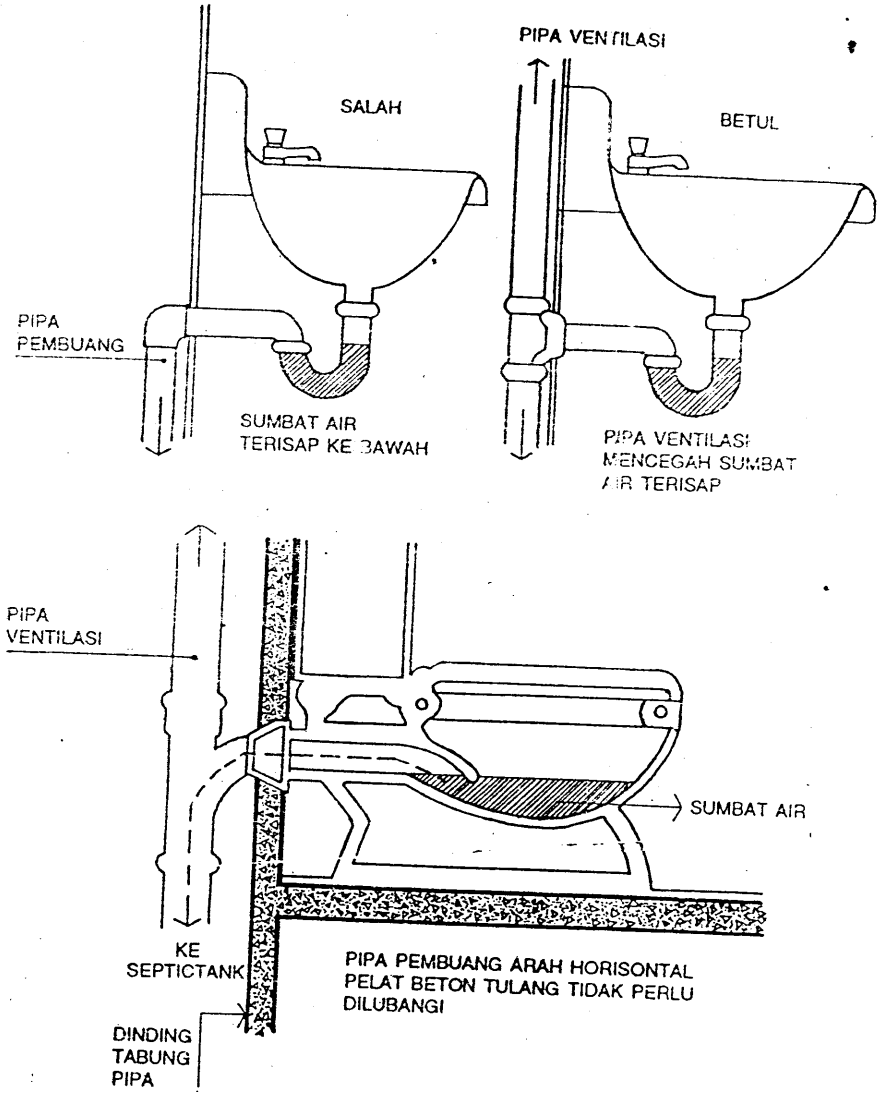


P TOILET PRIA
W TOILET WANITA
S PIPA SAMPAH
P TABUNG PIPA
U TABUNG UDARA TEKAN
V TABUNG VENTILASI
E TABUNG INSTALASI LISTRIK
L TABUNG LIFT KAPASITAS 18 ORANG/LIFT
F TABUNG PIPA KEBAKARAN
T TABUNG TELPON
AHU DI LUAR INTI

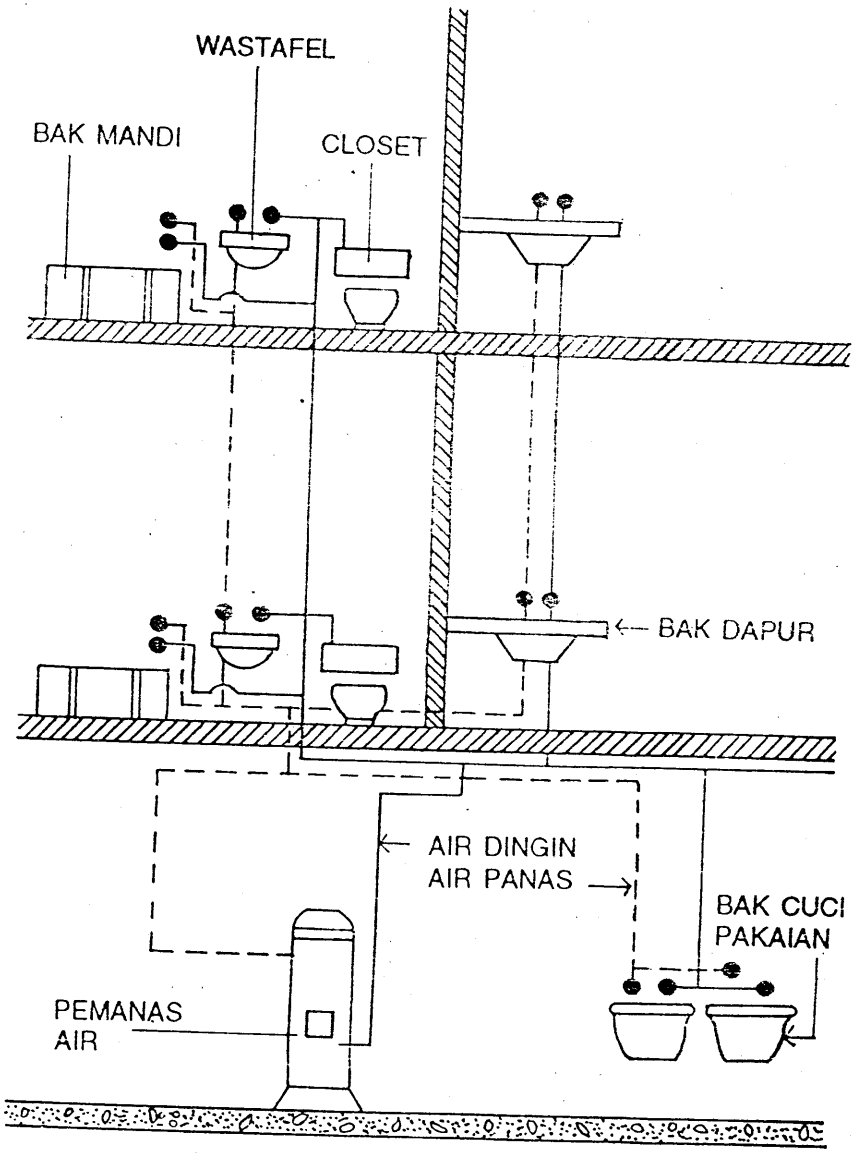
PERLENGKAPAN SANITASI

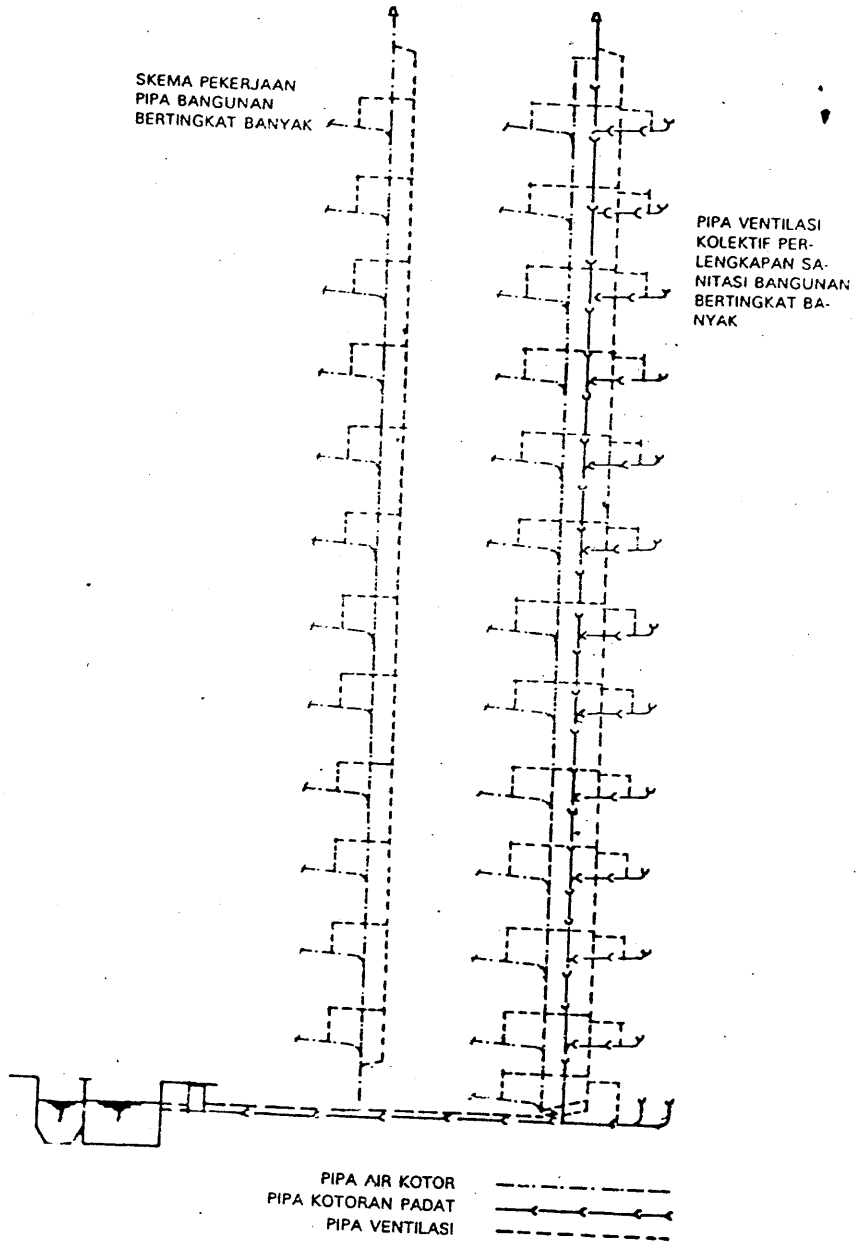


PERLENGKAPAN SANITASI

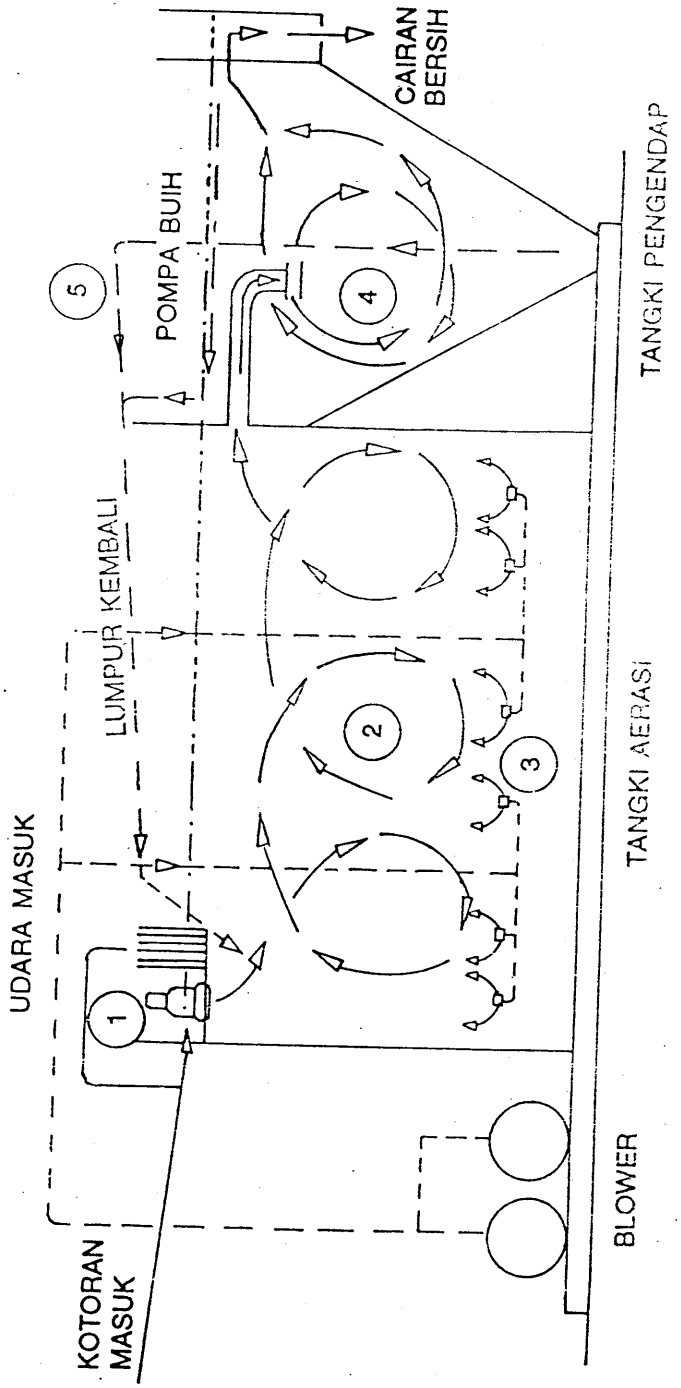


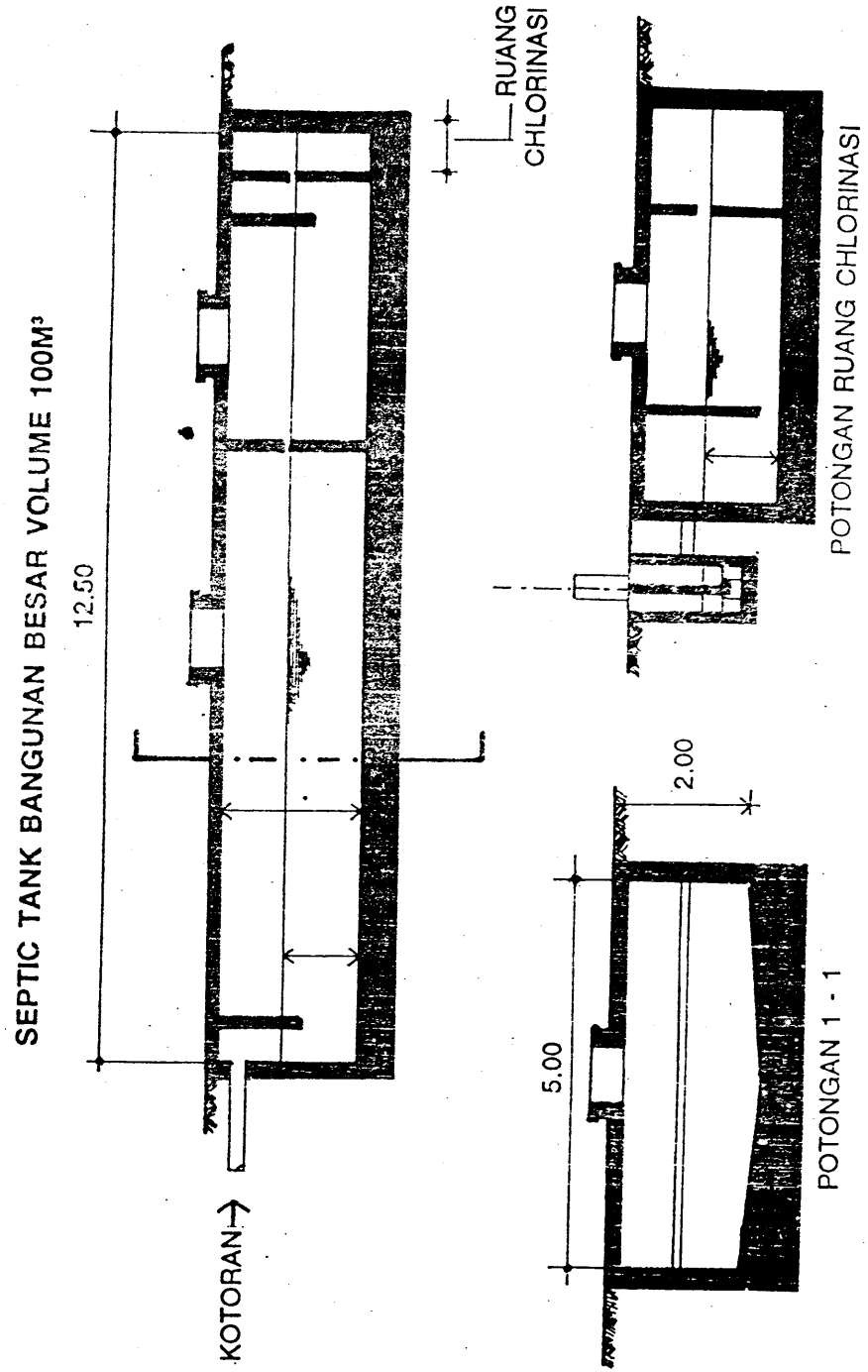
PEMIPAAN/PLUMBING
INSTALASI AIR DALAM RUMAH TINGGAL



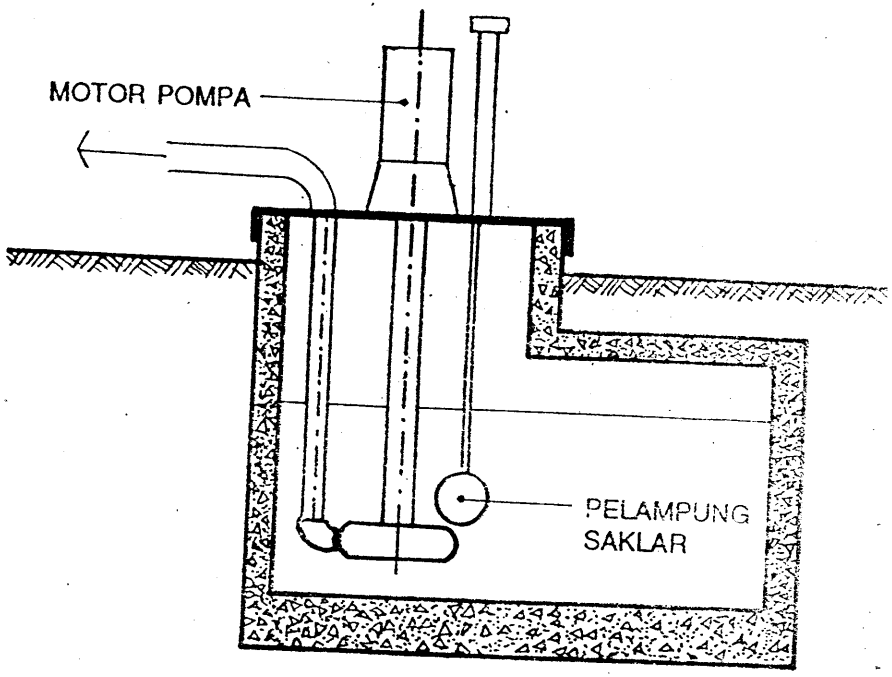


SKEMA PENGOLAHAN KOTORAN PADAT





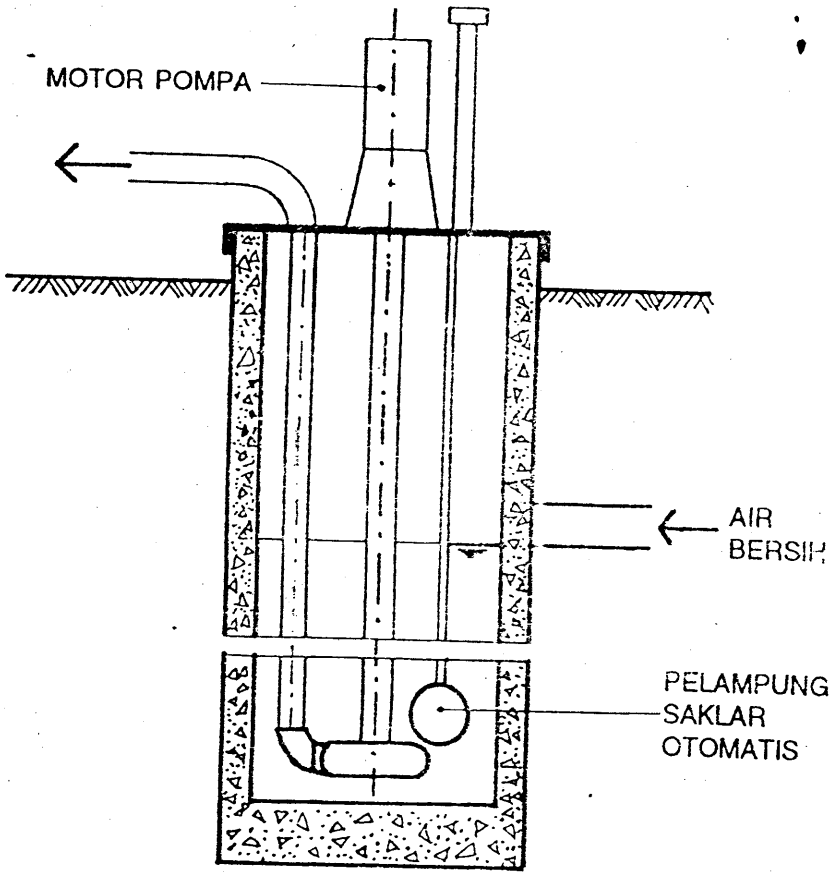
POMPA PEMBUANG AMPAS SEPTIC TANK UNTUK BANGUNAN BESAR



AIR KOTOR DAN KOTORAN PADAT DIOLAH SECARA ALAMI DALAM SEPTIC TANK.

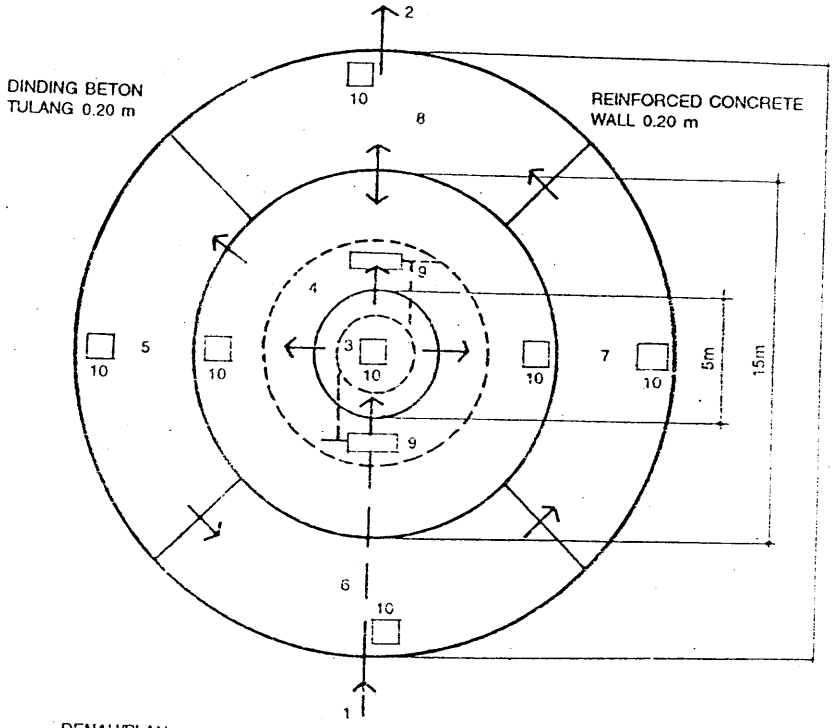
AIR YANG TELAH DIPROSES: BERSIH DIISAP DENGAN POMPA KELUAR DAN AMPASNYA DIPOMPA KE LUAR UNTUK DIBUANG DI TEMPAT PEMBUANGAN

DETAIL POMPA PEMBUANG

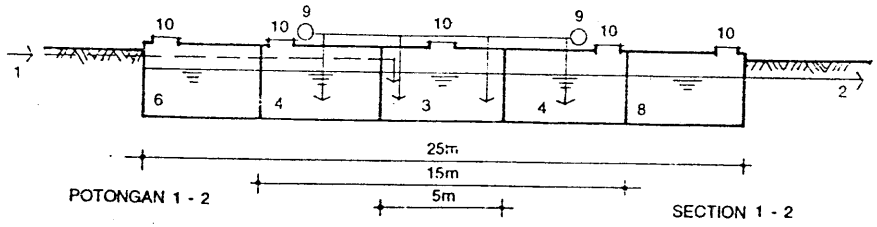


AIR KOTOR YANG SUDAH DIPROSES MENJADI BERSIH DAN BEBAS KUMAN DI RUANG CHLORINASI MENGALIR KE RUANG POMPA DAN DIPOMPA KE LUAR MENUJU PARIT ATAU PIPA DRAINASE HALAMAN.

PENGOLAH AIR LIMBAH/WASTE PROCESSING PLANT
1472 M³



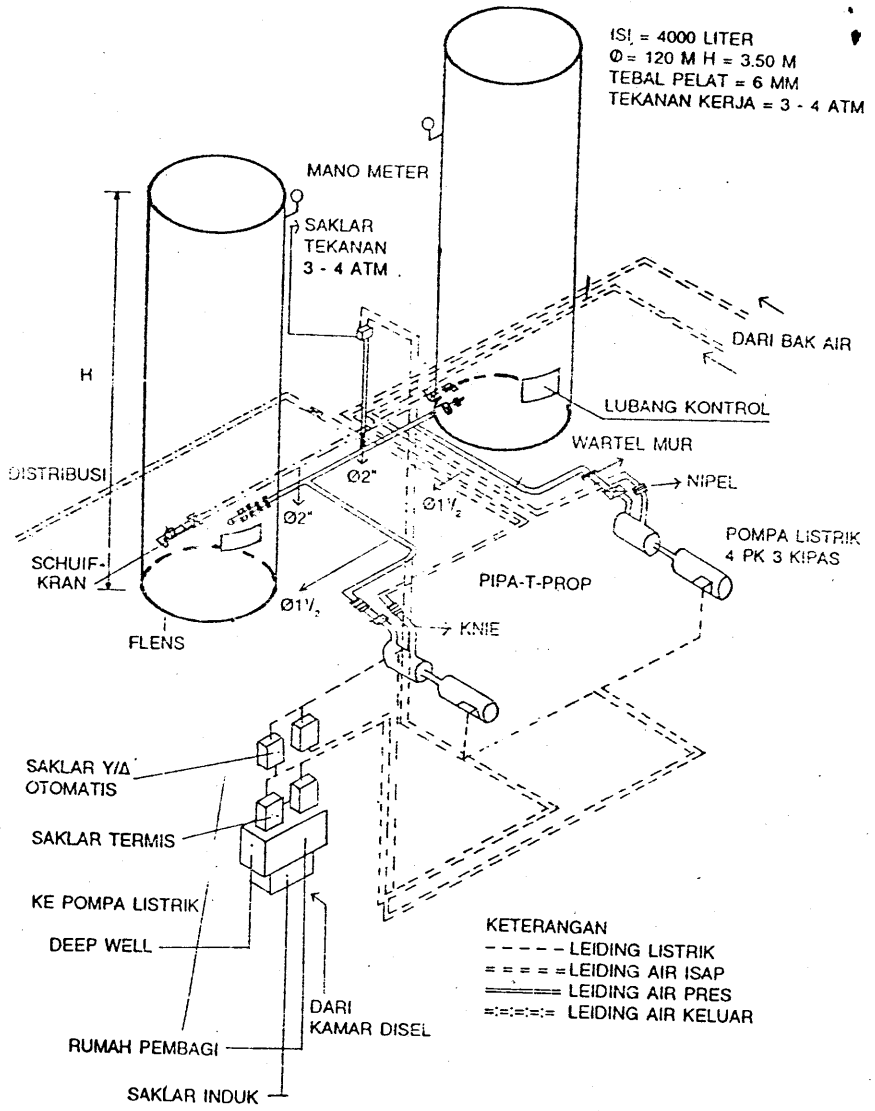
DENAH/PLAN 1 : 200



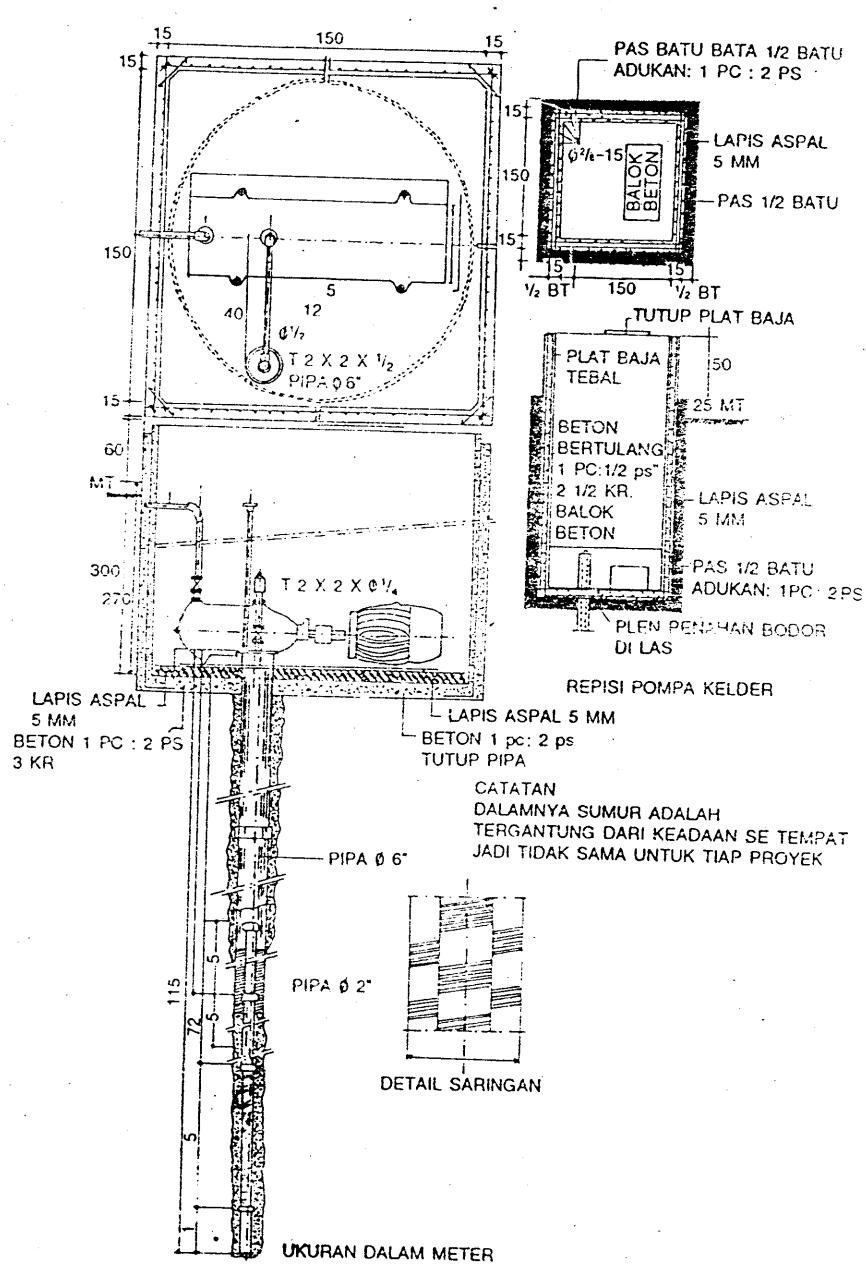
POTONGAN 1 - 2 SECTION 1 - 2

1. AIR KOTOR MASUK/WASTE WATER INFLOW.
2. AIR BERSIH KELUAR/CLEAN PROCCESSED WATER OUTFLOW.
3. JAMBAN AIR KOTOR, KOTORAN PADAT/WASTE WATER, SOLID WASTE POOL.
4. JAMBAN PENGHANCUR AIRATION/AIRATION CHAMBER.
5.6. JAMBAN PENGENDAP/SETTLING CHAMBER
7. JAMBAN PENGENDAP + KARBON AKTIF PENGHILANG BAU. SETTLING CHAMBER + ACTIVE CARBON ODOR ELIMINATION.
8. JAMBAN KLORINASI PEMATI KUMAN/CHLORINATION CHAMBER.
9. KOMPRESOR PENYEMBUR UDARA PENGHANCUR KOTORAN PADAT. AIRATION COMPRESSORS FOR SOLID WASTE BLENDING.
10. LUBANG MASUK JAMBAN/HATCH.

SKEMA HYDROFOOR UNIT DENGAN TANGKI VERTIKAL



BAGIAN SUMUR BOR ARTESIS/POMPA



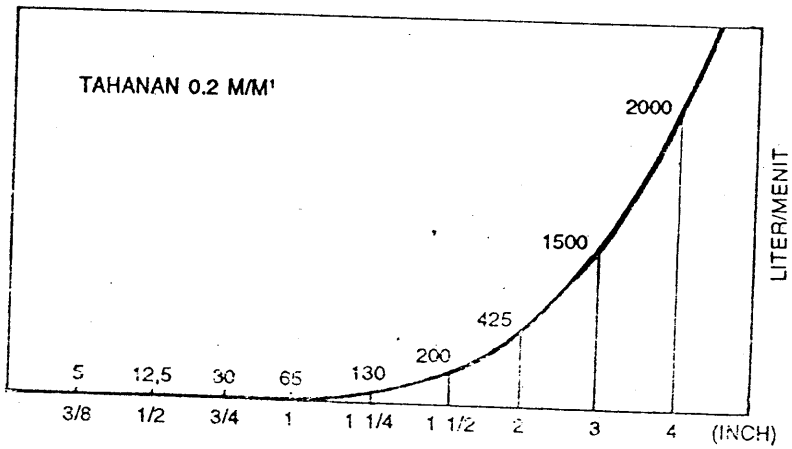


DIAGRAM PIPA PENYALUR

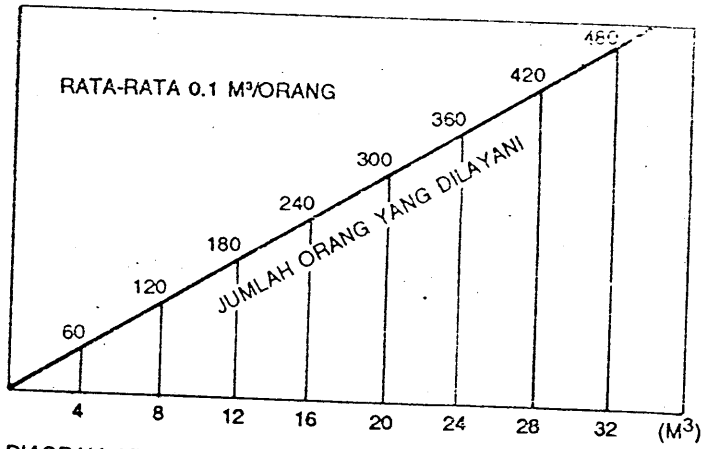


DIAGRAM SEPTIK TANK

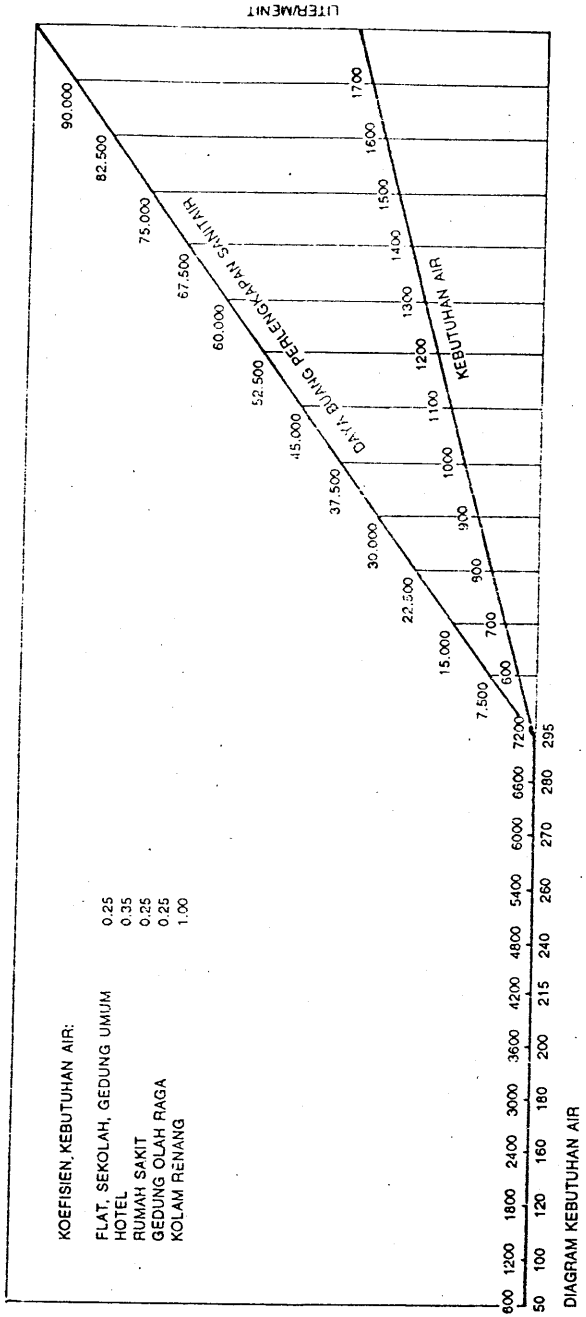


DIAGRAM KEBUTUHAN AIR

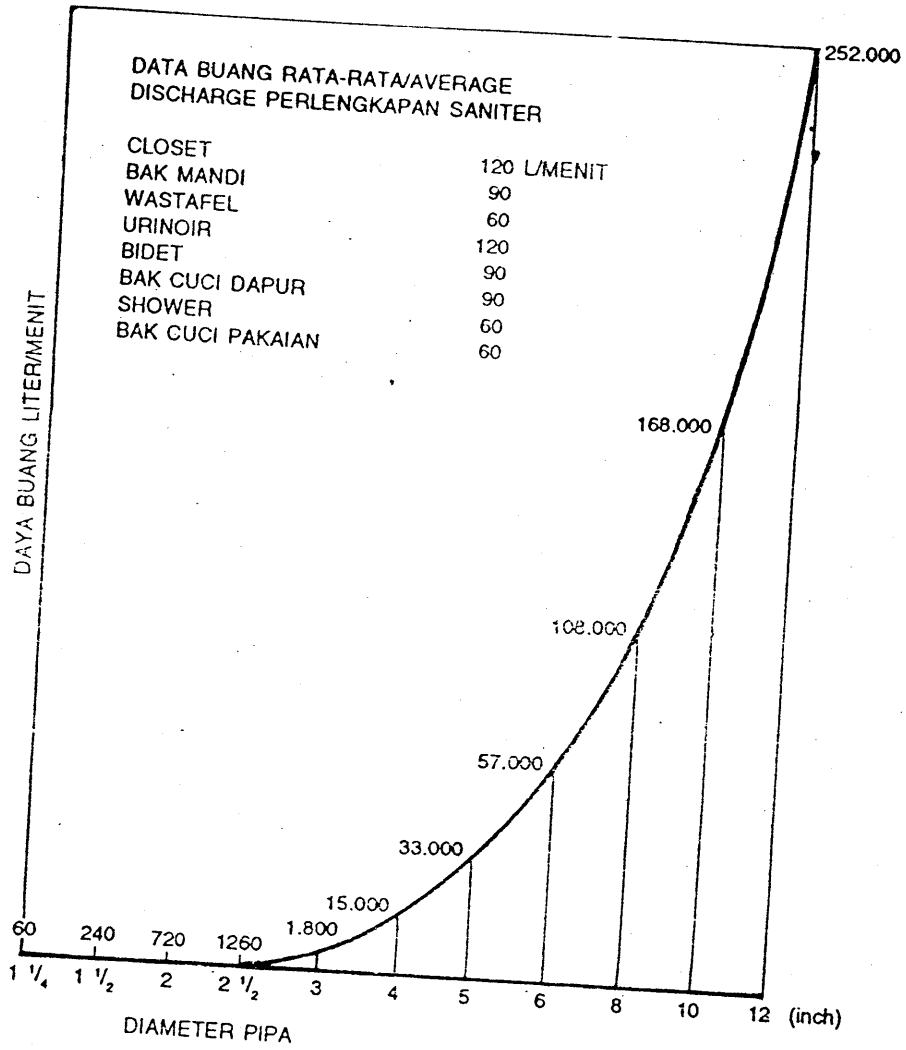
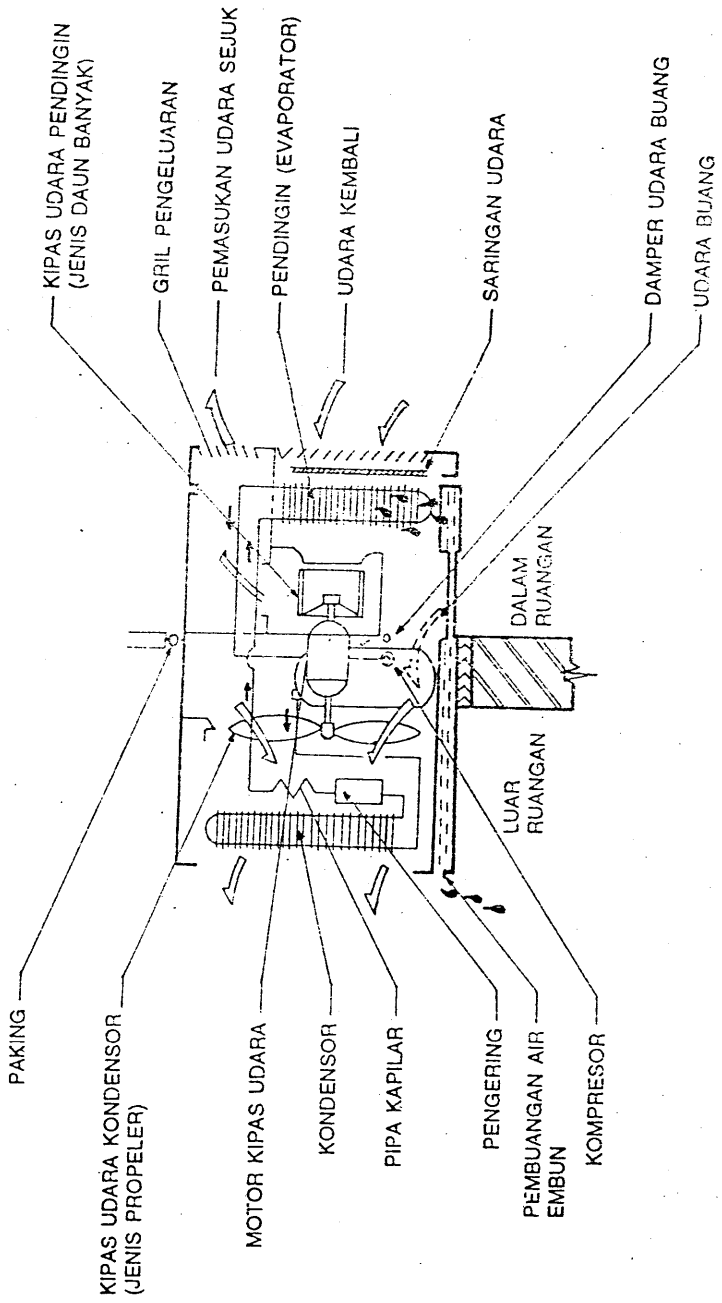


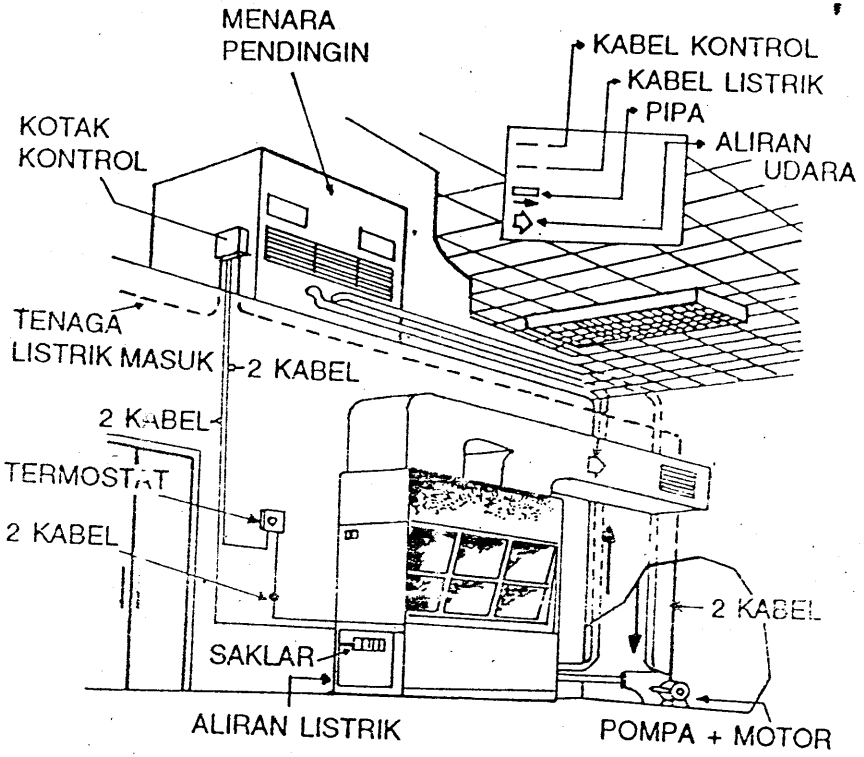
DIAGRAM PIPA PEMBUANG

MESIN PENGATUR UDARA PAKET 0,5-2 TR ROOM UNIT AIRCONDITIONER

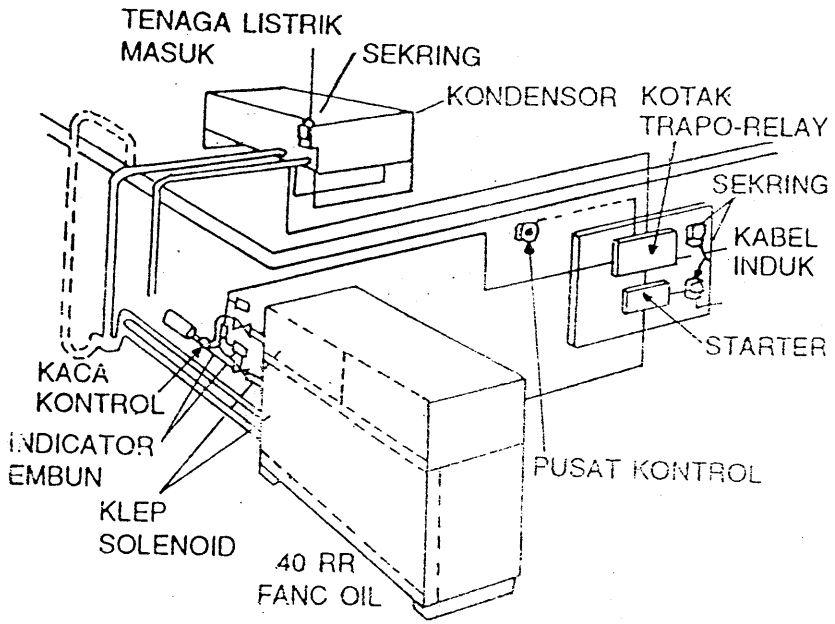
EVAPORATOR DAN KONDENSOR DALAM SATU MESIN



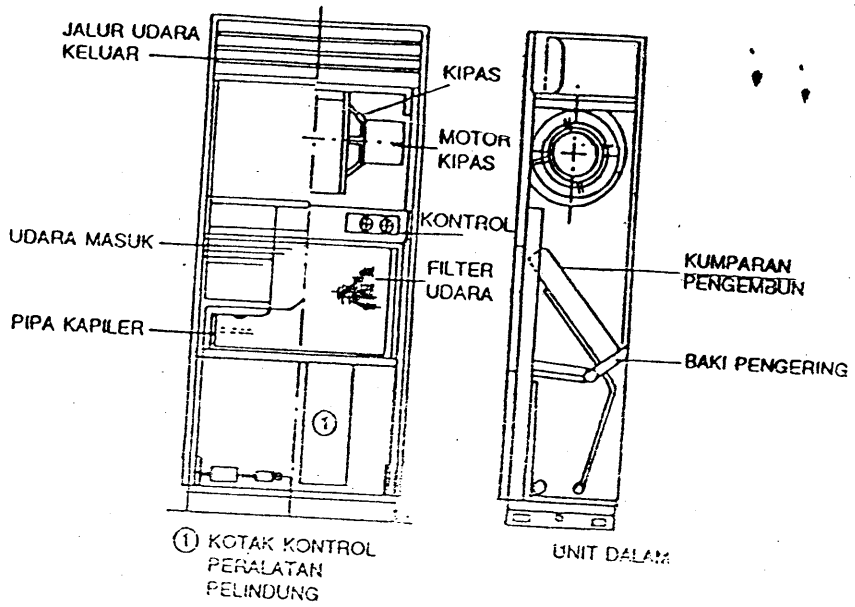
INSTALASI PENGOLAH UDARA

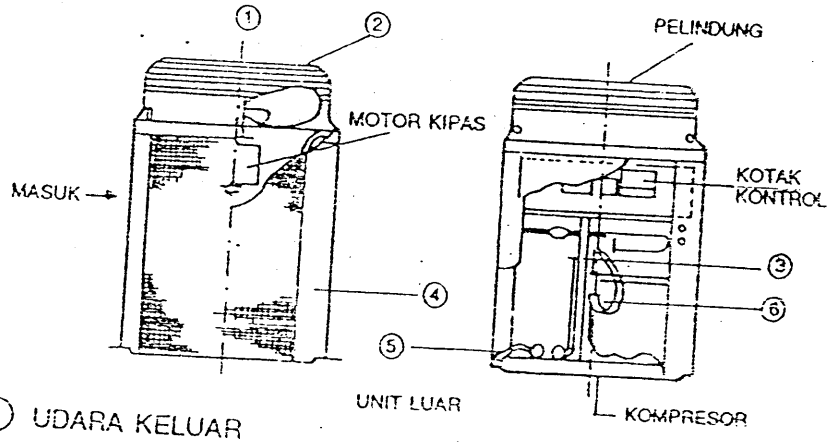


SKEMA PIPA DAN KABEL UNIT PENGOLAH UDARA



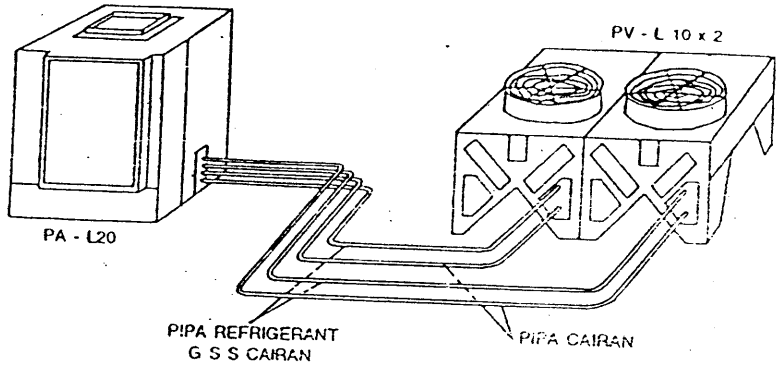
PENGATUR UDARA PAKET



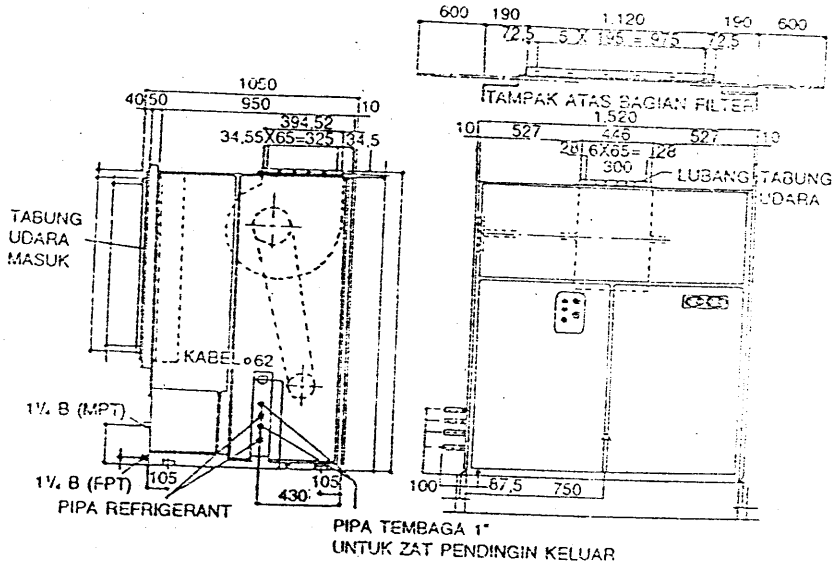


① UDARA KELUAR
② KIPAS
③ SIMPUL PEMERIKSA
④ KONDENSOR
⑤ KONDENSOR
⑥ SAKLAR TEKAN

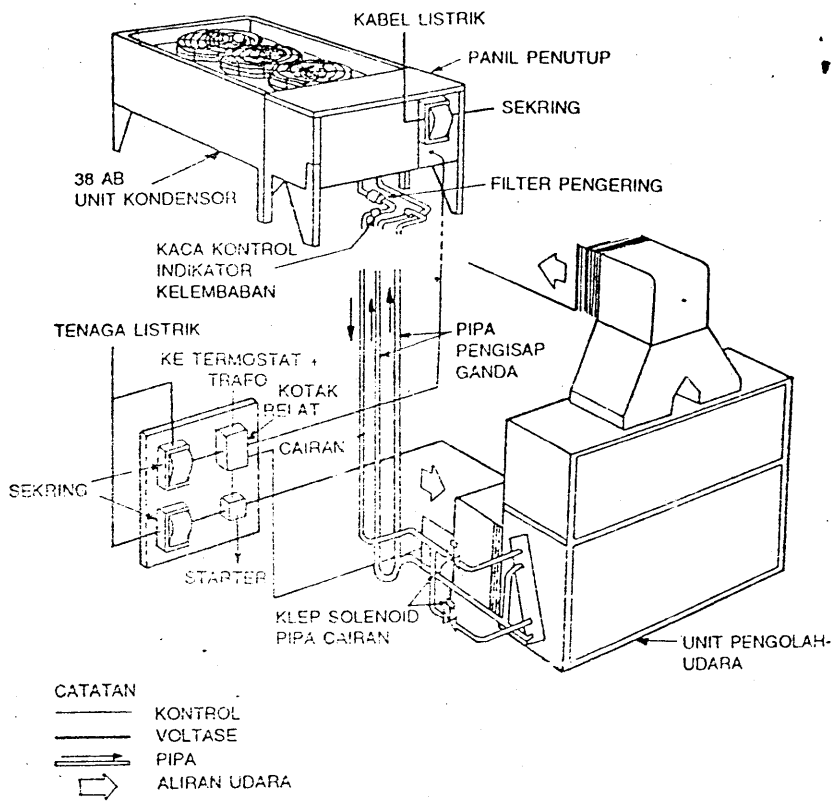
PEMIPAAN



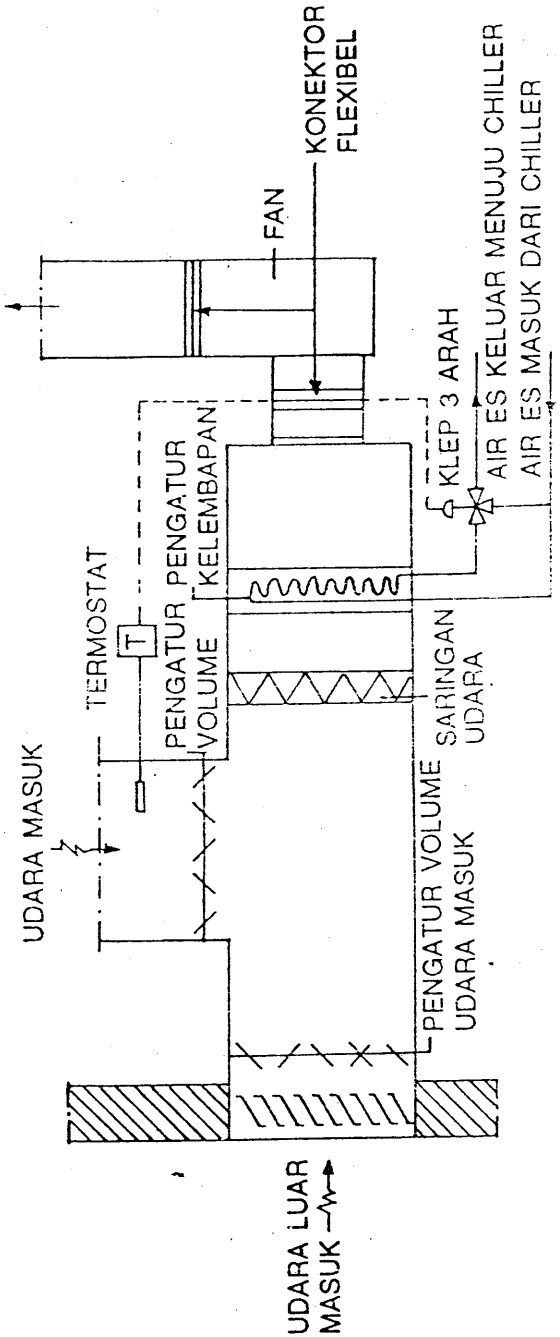
PANJANG MAXIMUM PIPA 40 M



SKEMA PIPA DAN KABEL

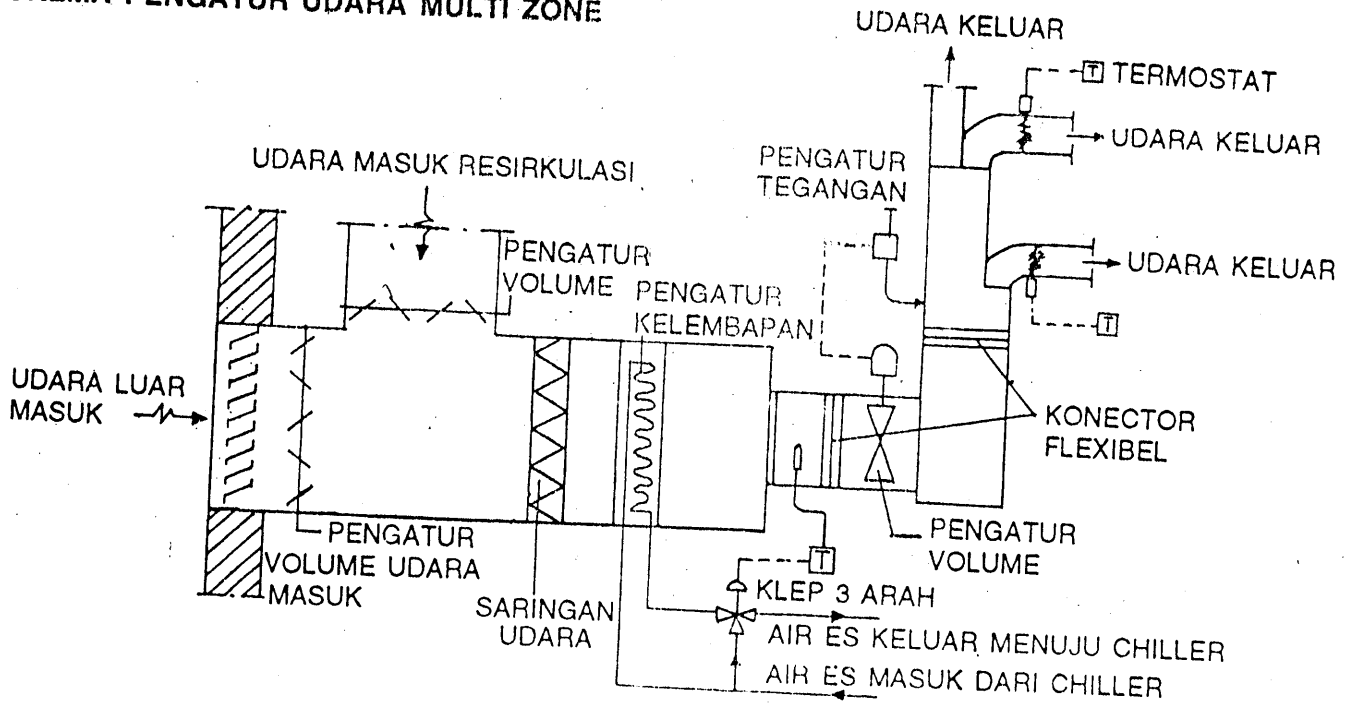


SKEMA PENGATUR UDARA (AIR HANDLING UNIT)



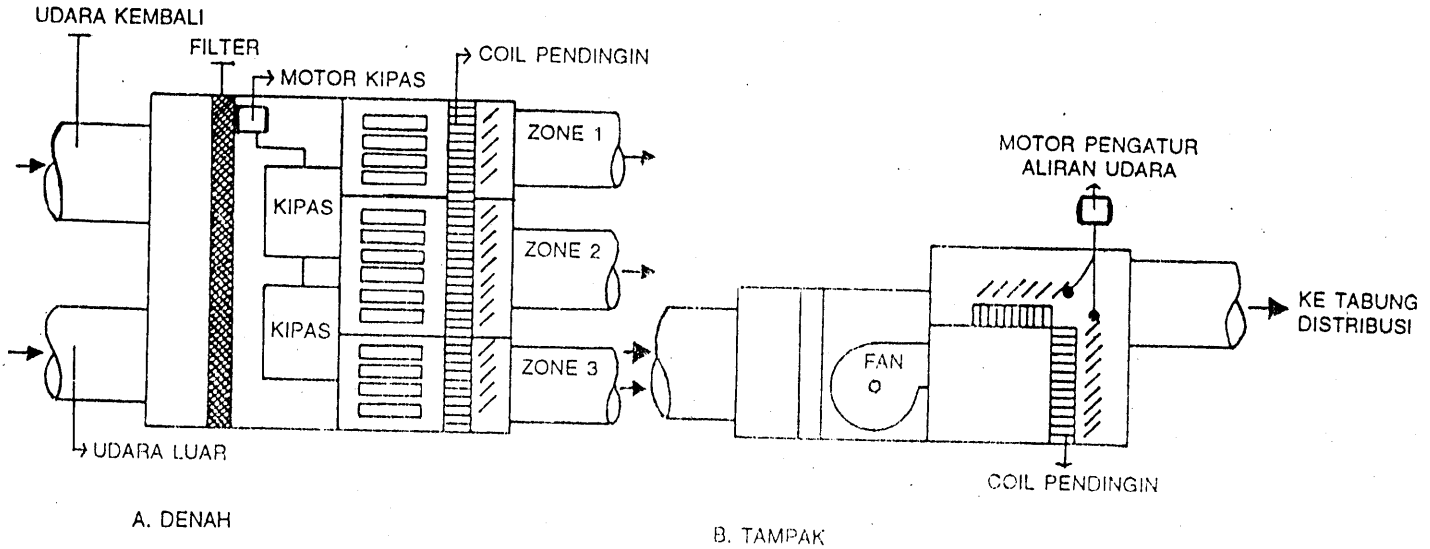
UDARA LUAR (10%) DAN UDARA RESIRKULASI SETELAH LEWAT SARINGAN DISEREMPETKAN PADA PIPA-PIPA PENDINGIN (COOLING COILS) SEHINGGA TURUN TEMPERATURNYA DAN KELEMBABANNYA (75°F/24°C, 50%) LALU DIDISTRIBUSIKAN LEWAT TABUNG-TABUNG (DUCTS).
SIRKULASI AIR ES (4°C) DILAYANI DAN DIOLAH DALAM CHILLERS (PENDINGIN AIR).

SKEMA PENGATUR UDARA MULTI ZONE



AIR DALAM CHILLERS DIDINGINKAN OLEH REFRIGERANT (FREON), REFRIGERANT DIDINGINKAN OLEH SIRKULASI AIR DALAM CONDENSOR. AIR YANG MENDINGINKAN REFRIGERANT DALAM KONDENSOR DIDINGINKAN DENGAN SIRKULASI DALAM COOLING TOWER.

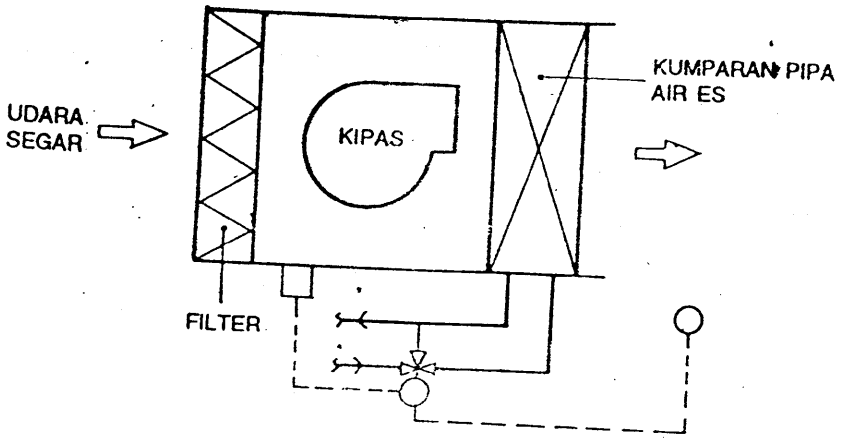
MESIN PENGOLAH UDARA/AIR HANDLING UNIT



A. DENAH

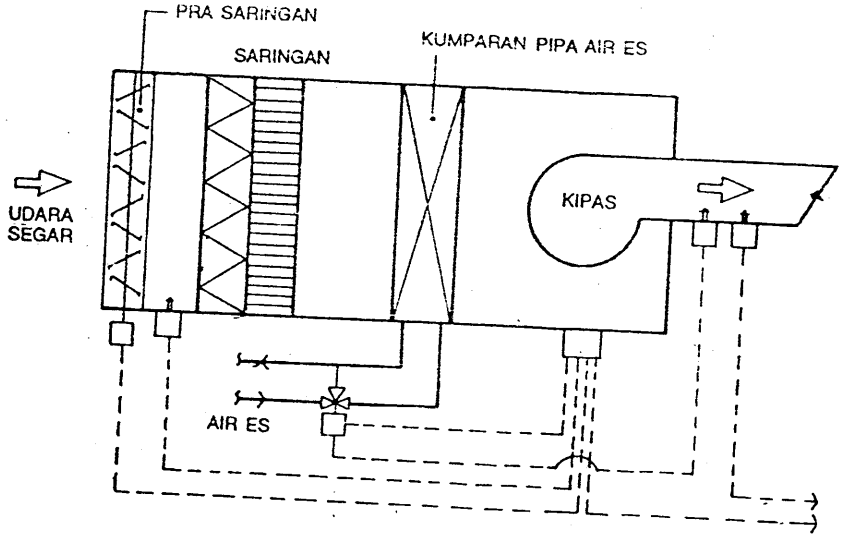
B. TAMPAK

SKEMA FAN COIL UNIT

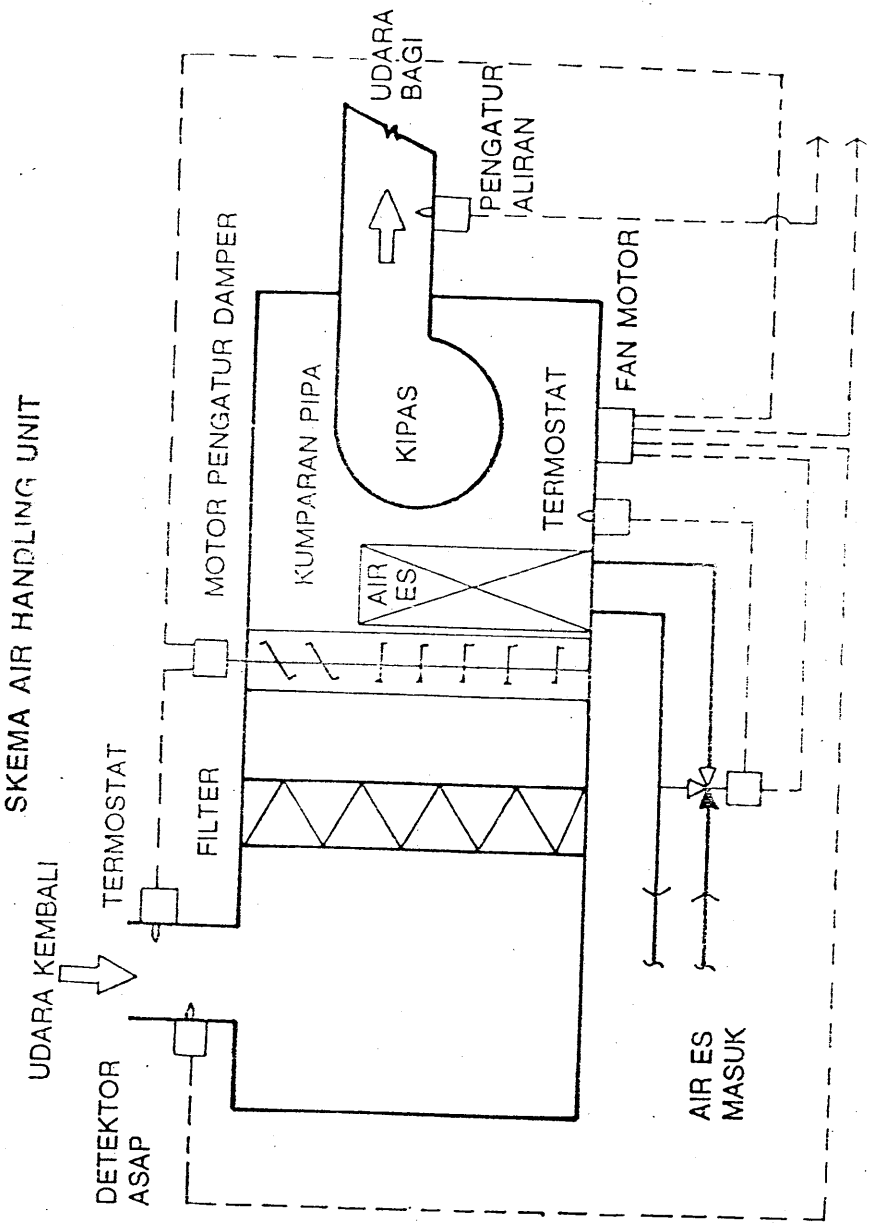


SKEMA AHU (AIR HANDLING UNIT)

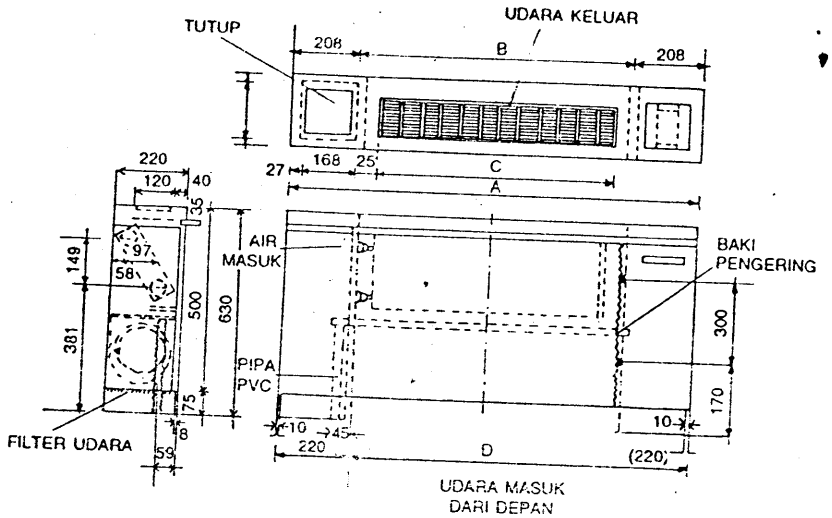
PEMBERI TEKANAN UDARA UNTUK LIFT LOBBY



SKEMA AIR HANDLING UNIT



FAN COIL UNIT LANTAI

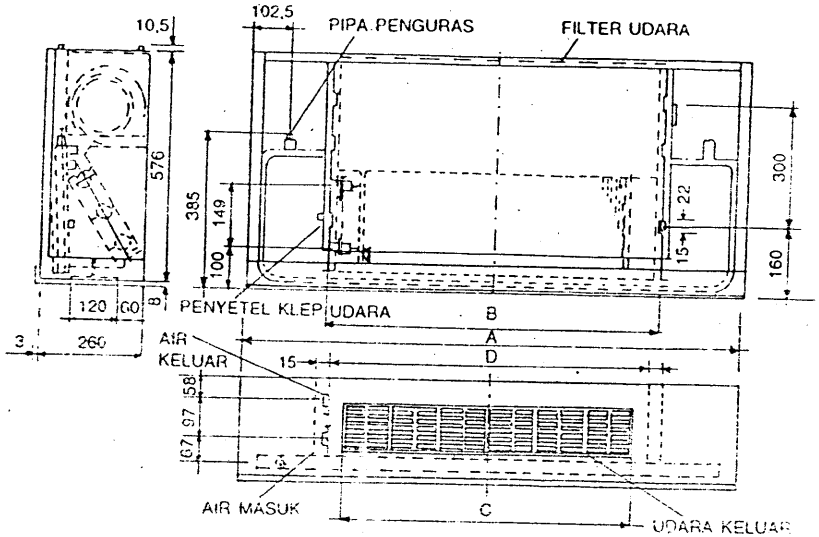


UKURAN (MM)

MODEL	A	B	C	D
LV-200FE-EX	990	574	480	550
LV-300FE-EX	1110	694	600	670
LV-400FE-EX	1230	814	720	790
LV-600FE-EX	1560	1144	1080	1120

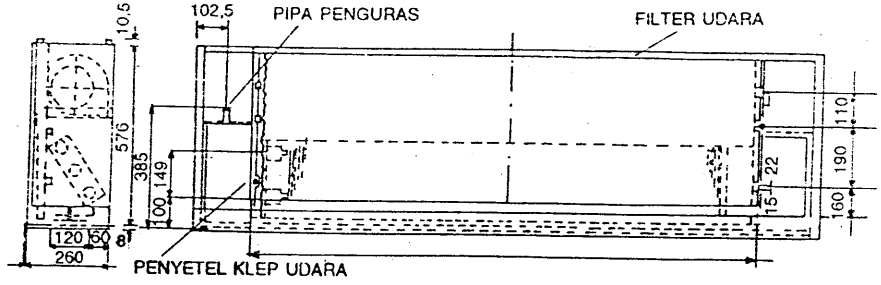
UNIT FAN COIL PLAFOND

UNTUK PROYEK PERHOTELAN



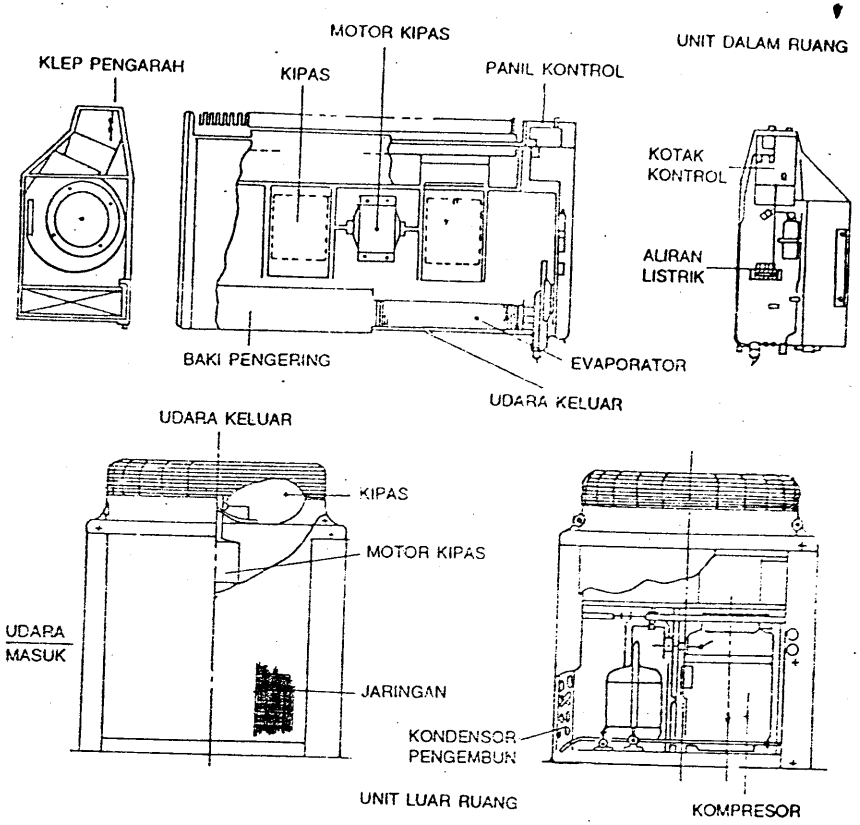
UKURAN (MM)

MODEL	A	B	C	D
LH-200FE-EX	990	595	480	550
LH-300FE-EX	1110	715	600	670
LH-400FE-EX	1230	835	720	790
LH-600FE-EX	1560	1165	1080	1120

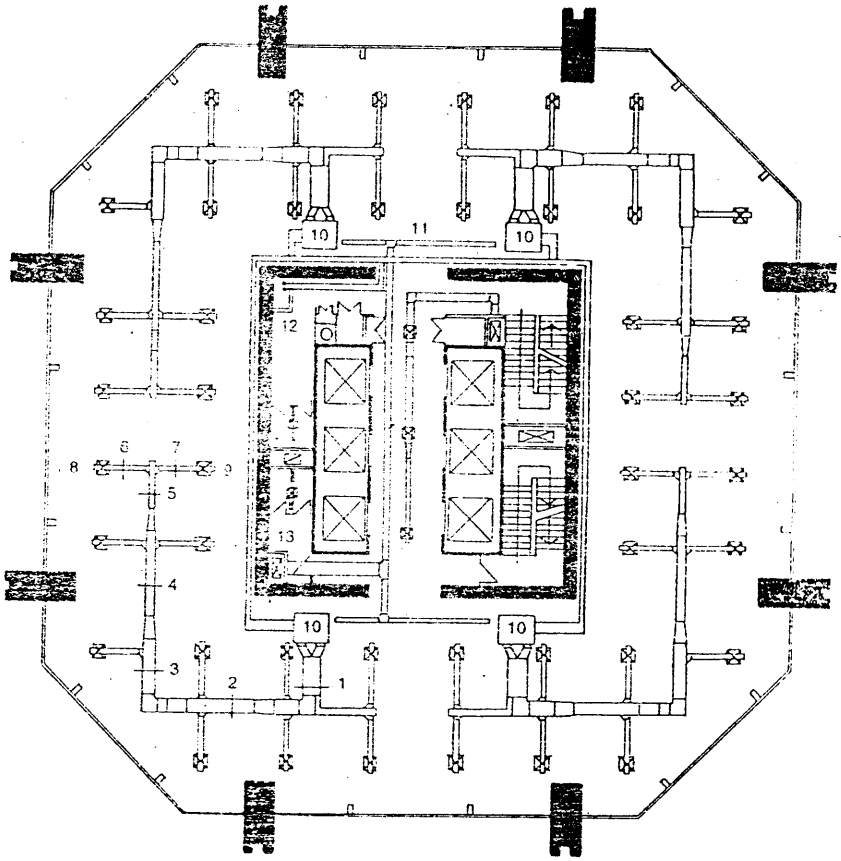


MESIN AC SPLIT

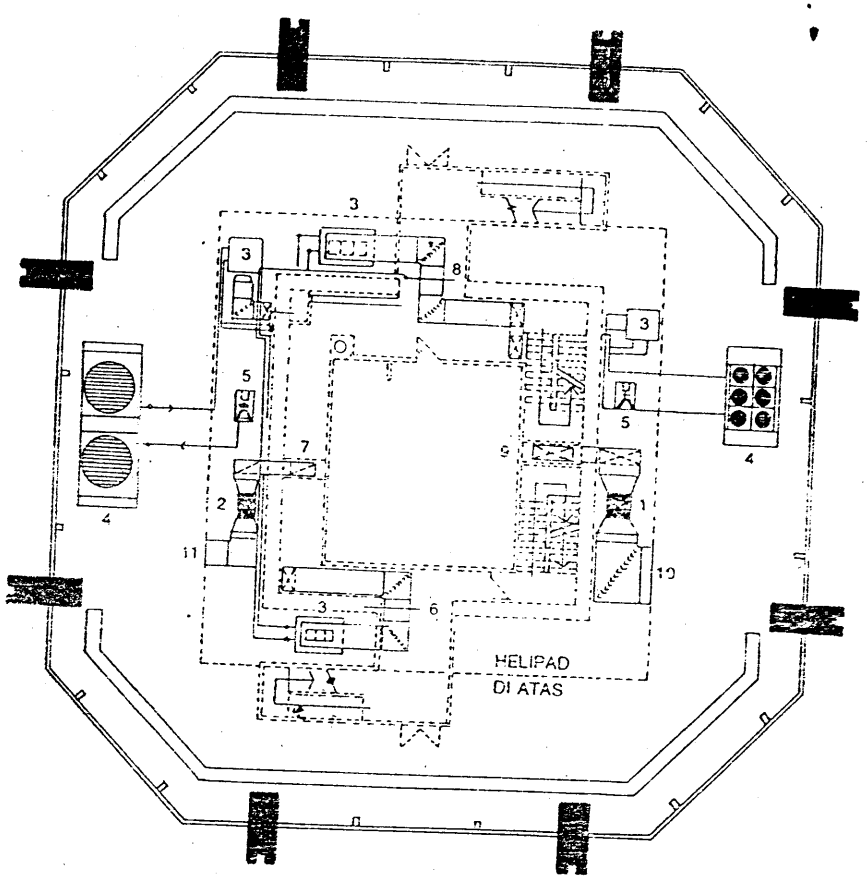
UNTUK PROYEK FLAT



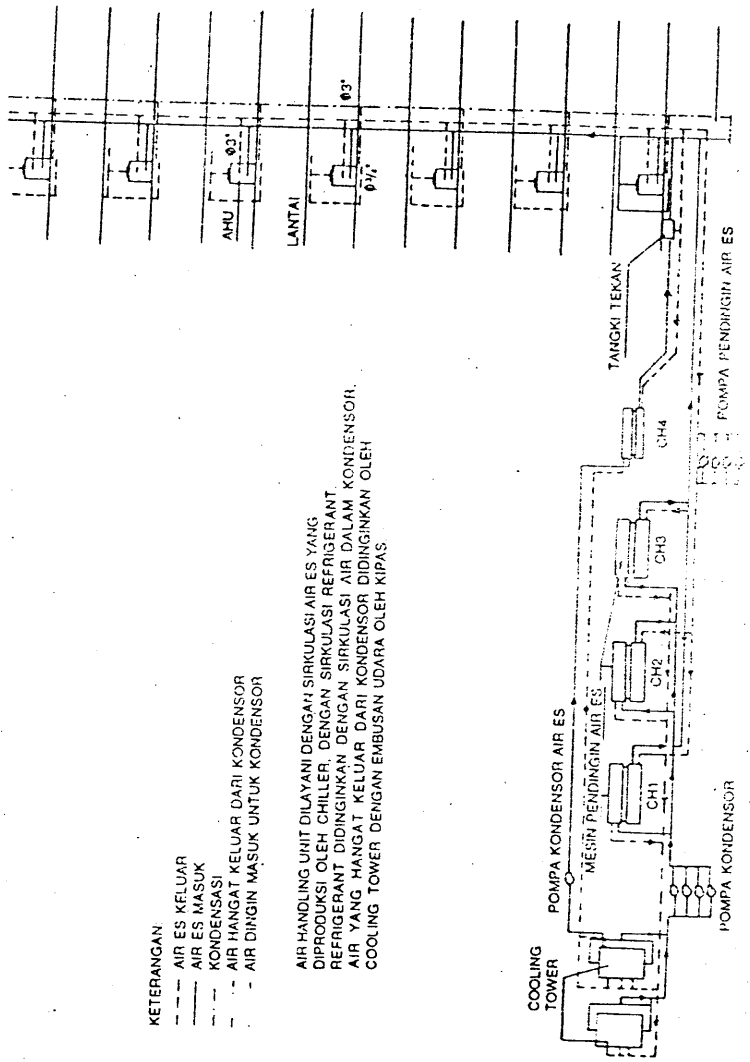
DENAH PENYEBARAN UDARA AC BANK BUMI DAYA PLAZA JAKARTA

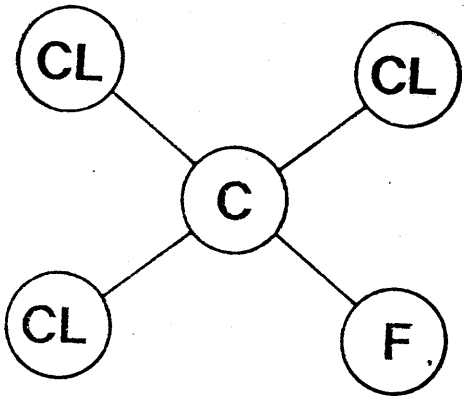


DENAH PENYEBARAN UDARA AC DAN VENTILASI MEKANIS PROYEK BBD PLAZA

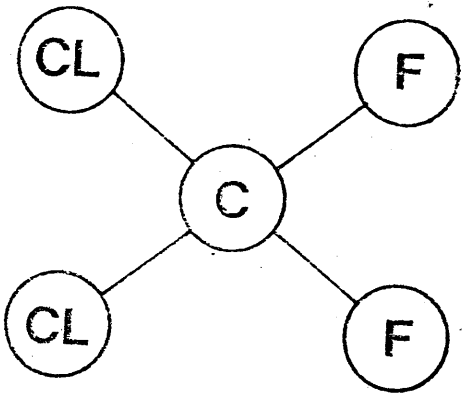


SKEMA AIRCONDITIONING SISTEM PENDINGINAN DENGAN AIR ES (CHILLED WATER) UNTUK BANGUNAN TINGGI

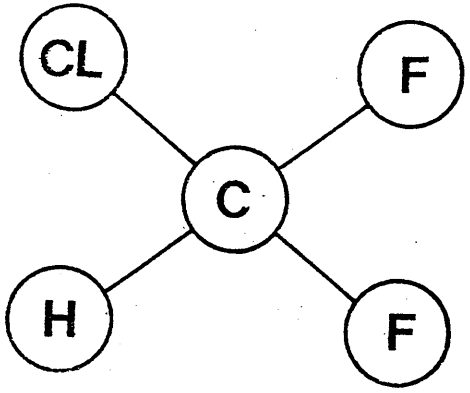




TRICHLOROMONO FLUORO METAN (FREON-11)

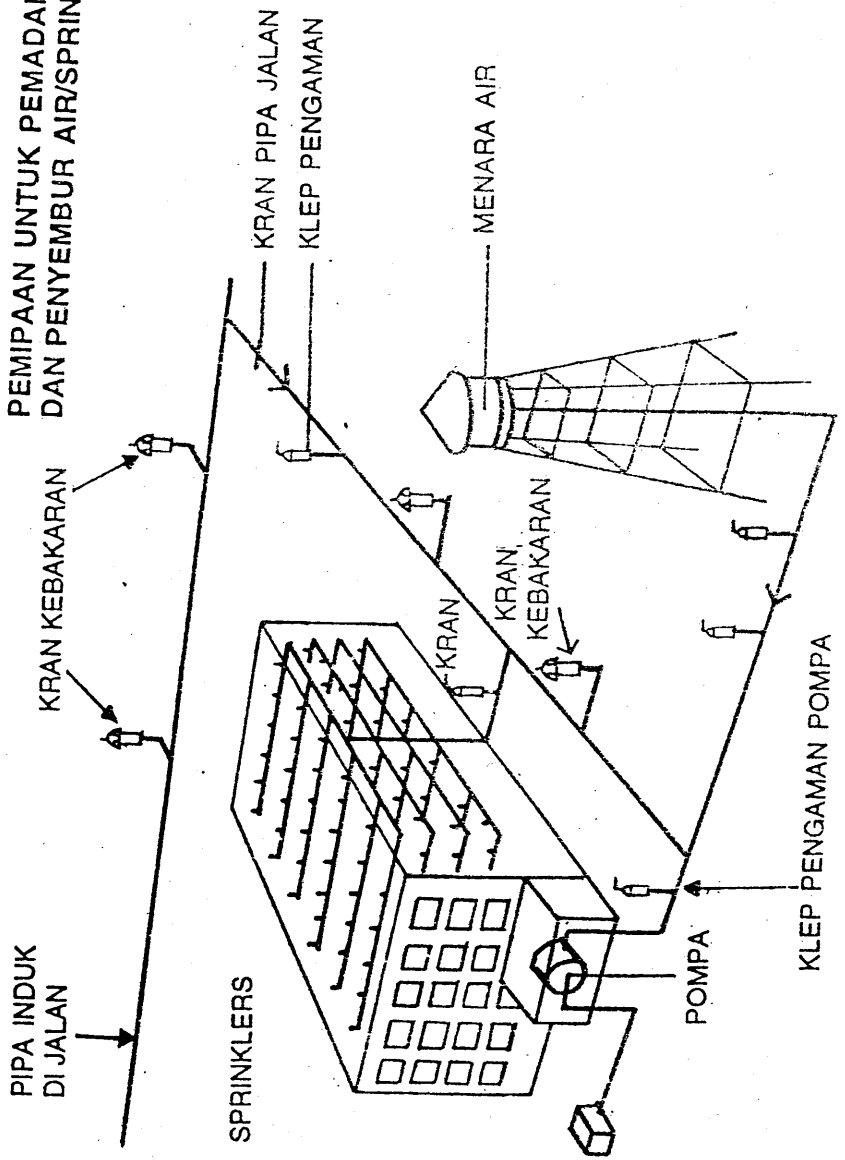


DICHLORODIFLUORC METAN (FREON-12)

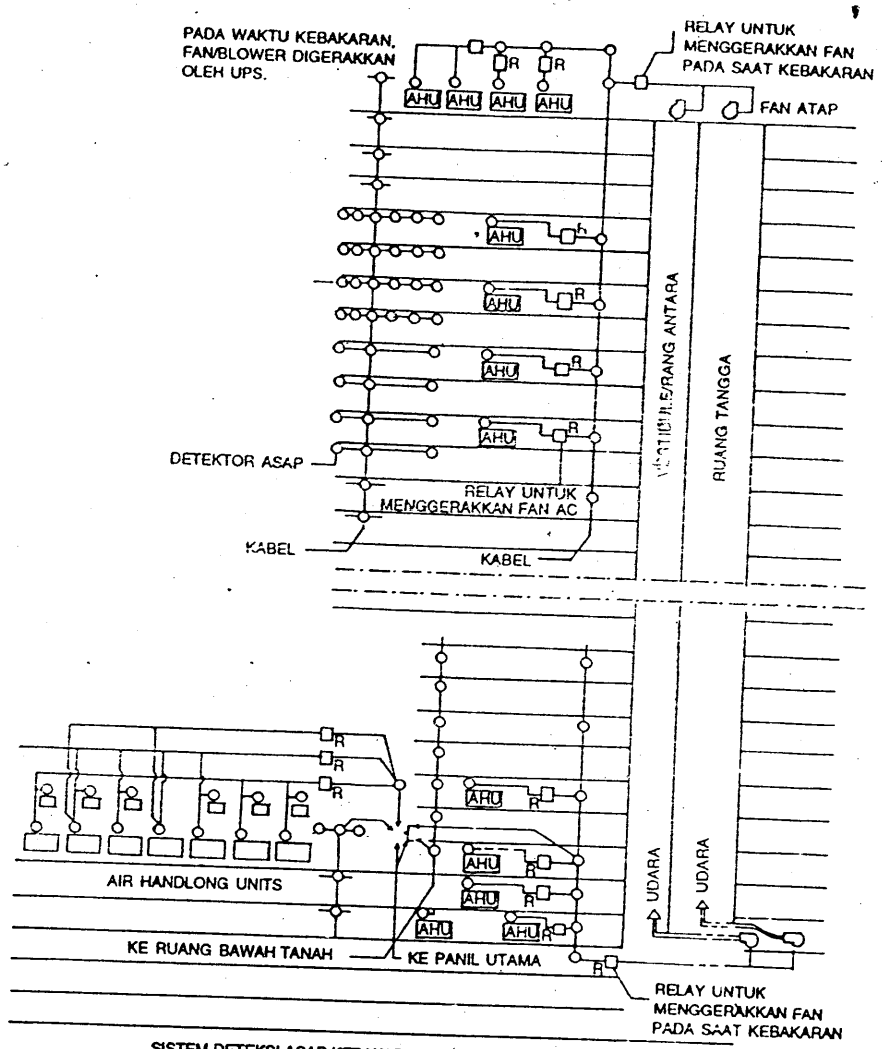


MONOCHLORO DIFLUORO METAN (FREON-22)

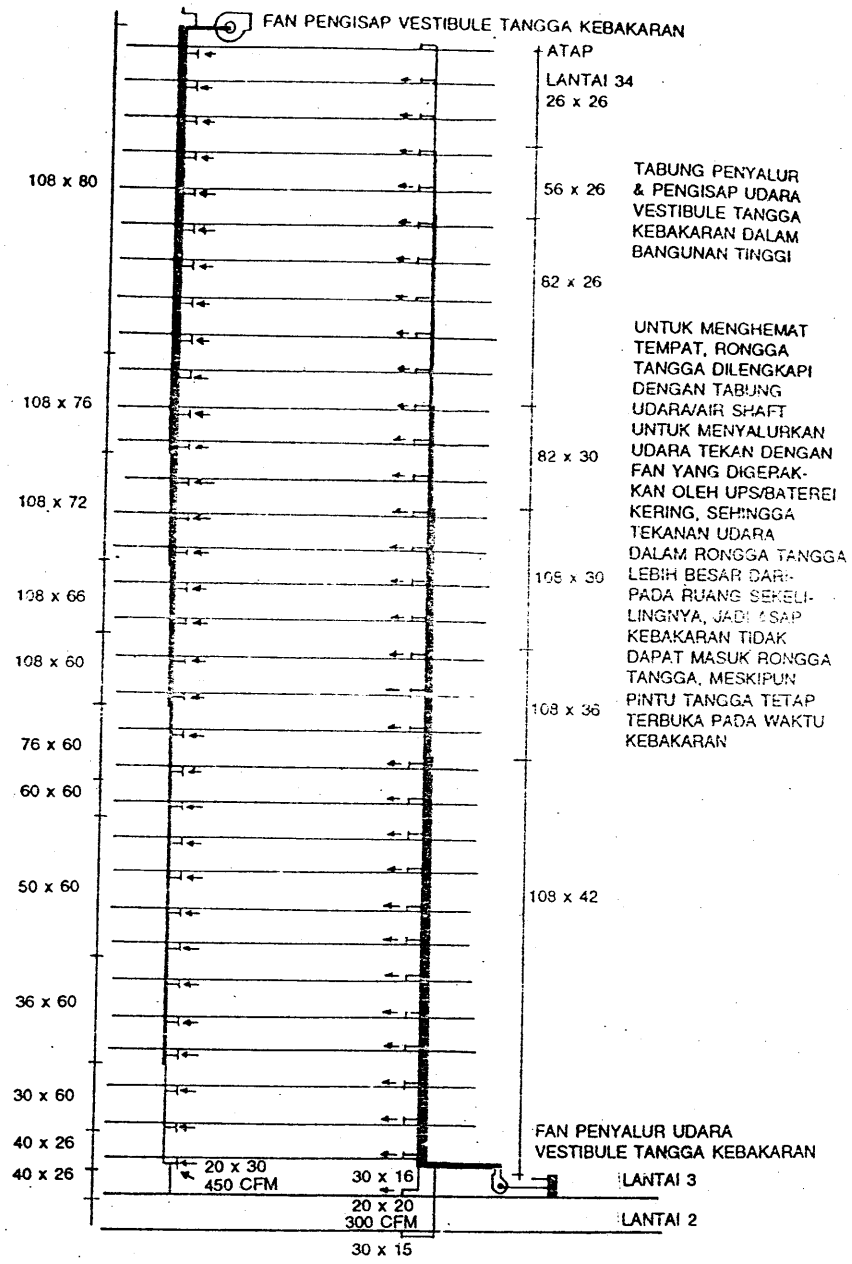
PEMIPAAN UNTUK PEMADAM KEBAKARAN DAN PENYEMBUR AIR/SPRINKLER



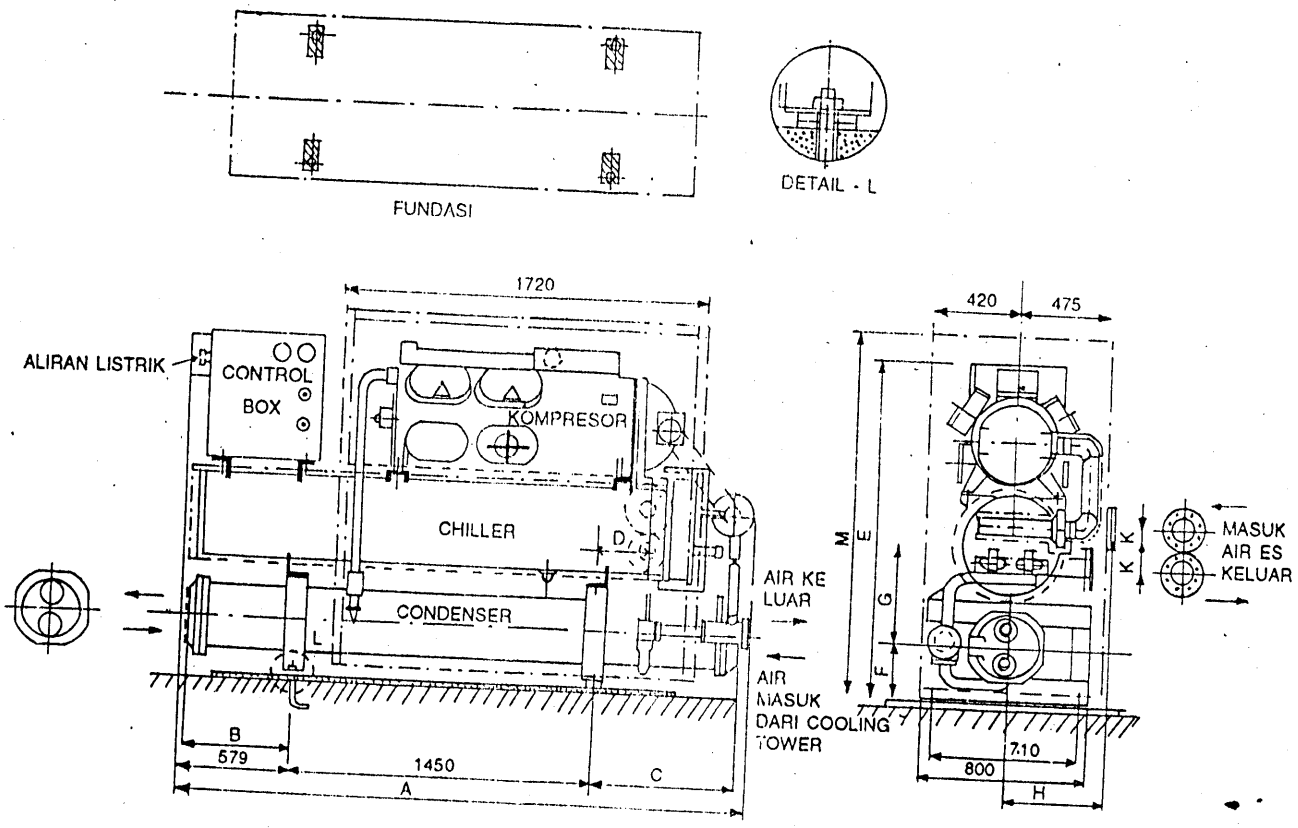
SISTEM DETEKSI ASAP KEBAKARAN DALAM BANGUNAN TINGGI



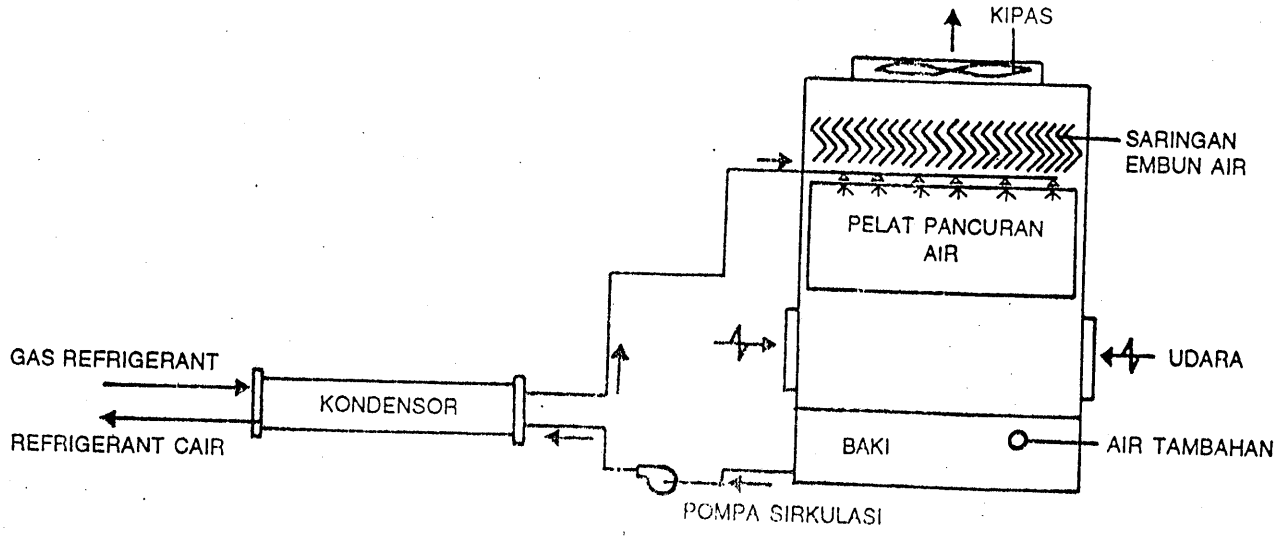
SISTEM DETEKSI ASAP KEBAKARAN DALAM BANGUNAN TINGGI



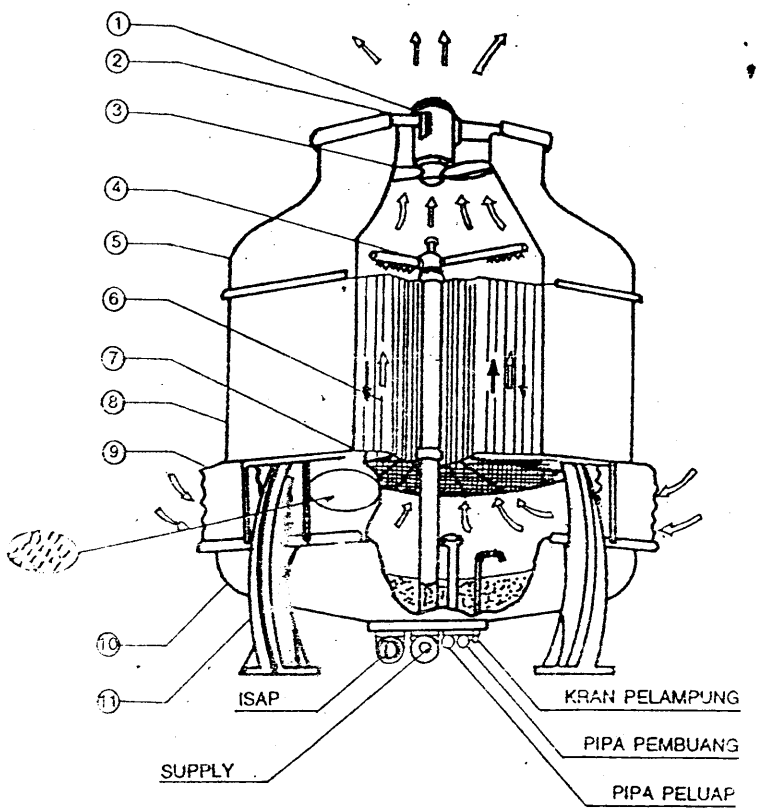
MESIN PENGOLAH AIR ES



INSTALASI PENDINGIN AIR (COOLING TOWER) YANG MELAYANI KONDENSOR UNTUK SISTEM AIR CONDITIONING



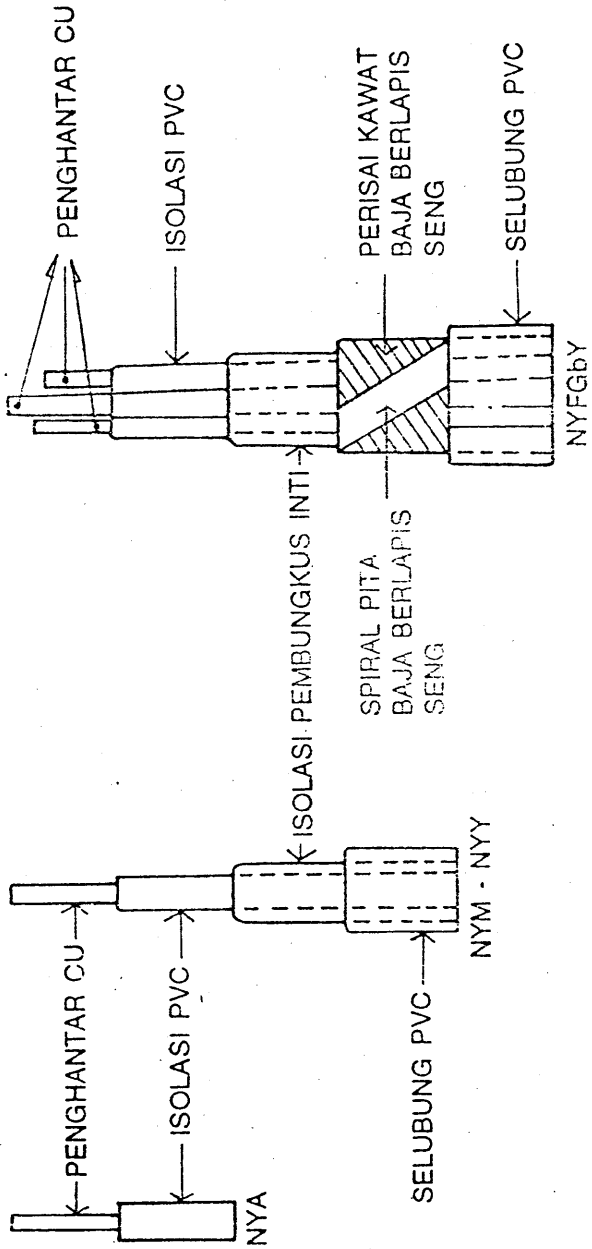
COOLING TOWER



1. MOTOR
2. PENDUKUNG KIPAS
3. KIPAS
4. PIPA PENYEMBUR
5. PENUTUP KIPAS
6. SEKAT
7. PENDUKUNG SEKAT
8. KULIT LUAR
9. JALUSI
10. BAKI AIR
11. KAKI PENDUKUNG

COOLING TOWER MENDINGINKAN AIR YANG HABIS DIPAKAI UNTUK MENDINGINKAN REFRIGERANT DALAM CONDENSER.

CONTOH-CONTOH KABEL



KEPUSTAKAAN

Arismunandar, Prof. Dr. Ir. Wiranto, *Penyegaran Udara.*

Guinness, William J.MC, Benjamin Stein and John S. Reynold, *Mechanical and Electrical Equipment for Building.*

Harten, P.Van dan Ir. E. Setiawan, *Instalasi Listrik Arus Kuat.*

Jordan, Richard C. and Gayle B. Priester, *Refrigeration and Airconditioning.*

Soufyan dan Morimura, *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing.*

Buku-buku terbitan kami:

Tim Seminar Tata Lingkungan Fakultas Teknik Univesitas Indonesia bimbingan *Dipl. Ing. Sawondo B. Sutedjo:*

PENCERMINAN NILAI BUDAYA DALAM ARSITEKTUR INDONESIA. Pembahasan tentang perkembangan budaya yang pernah menjiwai arsitektur Indonesia selama berabad-abad yang lalu.

PERAN, KESAN DAN PESAN BENTUK-BENTUK ARSITEKTUR. Pembahasan tentang bentuk-bentuk arsitektur yang dilihat dari fungsinya, kesan yang terpantul dan pesan yang disampaikan.

PROSES PERANCANGAN ARSITEKTUR YANG SISTEMATIS. Pembahasan tentang cara merancang sesuatu bangunan agar fungsi dan kesan yang ditampilkan memiliki kegunaan yang optimal.

PERSEPSI BENTUK DAN KONSEP ARSITEKTUR. Membahas timbulnya arsitektur modern, menganalisa sampai sejauh mana pengaruh fungsi terhadap bentuk, pengaruh teknologi dan struktur serta pengaruh politik.

ARSITEKTUR, MANUSIA DAN PENGAMATANNYA. Membahas masalah arsitektur secara umum dikaitkan dengan tinjauan ruang secara psikologis dan pengamatan yang cermat.

Prof. Ir. R. Soemono: MONOGRAM BETON BERTULANG. Hitungan kokoh pada beton bertulang.

Sharmi Ranti: RUMAH TROPIS/TROPIKAL HOUSE. Menampilkan berbagai model rumah yang khas untuk daerah tropis dan persyaratannya untuk mendapatkan keteduhan, kenyamanan dan diberikan penjelasan pengaturan tata ruang. Dilengkapi denah dan gambar-gambar berwarna.

Ir. Setyo Soetiadji S.: **Seri Anatomi Bangunan.** Buku praktis merancang arsitektur terdiri 6 jilid. Untuk mahasiswa Arsitektur dan calon-calon arsitek serta mereka yang bergerak dalam bidang rencana bangunan.

ANATOMI DENAH. Buku praktis arsitektur yang memberikan penjelasan mengenai Anatomi Denah dalam bidang merancang bangunan dan diuraikan secara mendetail.

ANATOMI TAMPAK. Buku praktis arsitektur yang memberikan mengenai Anatomi Tampak mulai dari Perihal Tampak Luar; Faktor yang mempengaruhi Pengolahan Tampak, Karakter Penampilan Tampak; Garis Bidang dan Struktur dalam Tampak Bangunan; Patahan untuk membuat Tampak Bangunan, dan contoh Tampak Bangunan.

ANATOMI POTONGAN. Membahas masalah perancangan arsitektur dari segi potongan. Antara lain tentang potongan bangunan, ruang, detail, potongan dan fungsi ruang, potongan dan permukaan tanah datar, potongan dan permukaan tanah miring, dan potongan dengan permukaan tanah curam.

ANATOMI STRUKTUR. Membahas masalah struktur dalam bidang arsitektur. Dijelaskan pengertian struktur, anatomi Struktur dan struktur dalam kaitannya dengan perancangan bangunan.

ANATOMI ESTETIKA. Memadukan unsur estetika dalam perencanaan bangunan. Antara lain bentuk lingkaran dan lengkung, segitiga, persegi, tonggak, struktur cantik, olahan garis, bidang, tampak, fisik, permainan warna dalam tampak bangunan, permainan tekstur penambahan ornamen dan benda hias.

ANATOMI UTILITAS. Pembahasan tentang utilitas bangunan mulai dari anatominya, hubungan utilitas dengan fungsi bangunan, Utilitas dan Perancangan Bangunan, pencahayaan dan pengudaraan alami. Lingkup elektrika dalam bangunan dan lingkup mekanikal dalam bangunan.

Dipl. Ing. Y.B. Mangunwijaya: **PENGANTAR FISIKA BANGUNAN.** Membicarakan masalah pembangunan rumah di Indonesia disertai beberapa pertimbangan yang berkaitan dengan pembangunan rumah.

P.T. PENERBIT DJAMBATAN
Jalan Kramat Raya 152
Tromolpos 1116/Jkt.
Telp. 324 332-322 810
Jakarta 10011